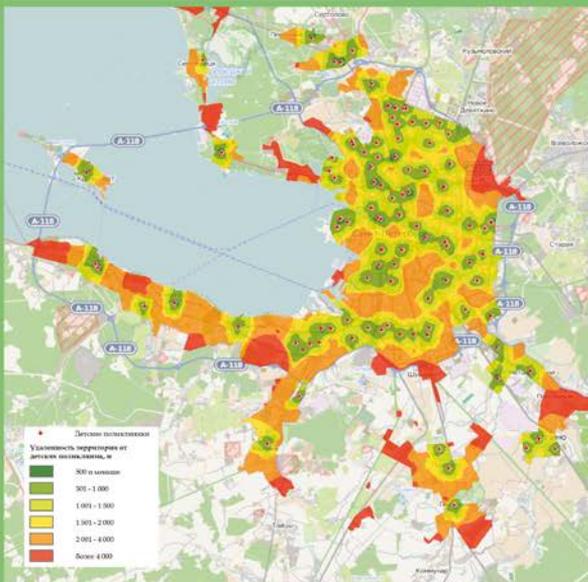




СПУТНИКОВЫЕ ДАННЫЕ ПОМОГАЮТ В БОРЬБЕ С ЛИХОРАДКОЙ ЭБОЛА



ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ДОСТУПНОСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ



ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

ГИС В ЗДРАВООХРАНЕНИИ



# DigitalGlobe™ Basemap

Глобальный или локальный уровни покрытия.



Вне зависимости от области интереса — от государственных до локальных масштабов DigitalGlobe Basemap обеспечивает доступ к самым актуальным изображениям поверхности Земли.

Готовый к использованию в различных GIS, продукт упростит рабочие процессы клиентов, то время как мы занимаемся обработкой, обновлением и хостингом спутниковых данных.

Наше абонентское обслуживание, как и DigitalGlobe Basemap, — это настраиваемые под каждого клиента системы, которые легко согласуются с другими предложениями DG.

Когда вам нужно идти в ногу со временем и принимать решения в условиях постоянно меняющегося мира, начинайте с DigitalGlobe Basemap.



### Уважаемые коллеги!

Одна из глобальных задач современного мира — поддержание и улучшение здоровья людей и предотвращение возможных угроз, в том числе эпидемий смертельно опасных болезней. Пространственные данные и их анализ в здравоохранении используются с давних пор. Уже в середине XIX в. в Лондоне во время эпидемии холеры географический анализ распространения очагов заболевания позволил предположить, что наиболее вероятным источником распространения холеры является система водоснабжения.

С началом активного развития компьютерных технологий и внедрения в практику геоинформационных систем организации, связанные со здравоохранением и социальной сферой, все чаще стали внедрять в практику своей деятельности методы пространственного анализа. Предлагаемые геоинформационным программным обеспечением мощные средства интеграции разнородных пространственных данных, их моделирования и визуализации помогают значительно расширить круг решаемых задач, представить результаты в наглядном картографическом виде.

Геоинформационные системы могут по-разному использоваться для поддержки здоровья людей. Например, пространственный анализ помогает государственным и муниципальным структурам здравоохранения

оптимально организовать работу сети лечебных учреждений, а корреляционный анализ позволяет установить взаимосвязь заболеваемости с различными природными и техногенными факторами. ГИС-технологии применяются для анализа и развития инфраструктуры объектов здравоохранения, разработки программ улучшения здоровья населения на государственном и региональном уровнях. Анализ пространственной информации помогает планировать действия при возникновении чрезвычайных ситуаций, таких, как вспышки опасных заболеваний и быстрое распространение инфекций. Геоинформационные системы используются для решения задач, связанных с повышением качества медицинского обслуживания, страхования, и многих других.

В настоящее время весь мир озабочен распространением смертельно опасного заболевания — лихорадки Эбола. К борьбе с локализацией этой болезни подключились и ГИС-специалисты. Чтобы проследить распространение вируса, используются космические снимки и пространственный анализ созданных на их основе карт. Активно используется краудсорсинг, позволяющий оперативно в большом объеме получать информацию и наносить ее на карту. В этом номере журнала в статье, представленной компанией Airbus Defence & Space, подробно рассказывается о роли ГИС-технологии и космического мониторинга в борьбе с лихорадкой Эбола.

Главной теме номера посвящены также статьи о применении геоинформационных технологий для формирования систем поддержки принятия решений в области здравоохранения, о пространственном методе анализа доступности медицинской помощи, об отражении социальных показателей в облачном атласе и др.

Кроме того, традиционно в журнале представлены материалы по различным актуальным проблемам геоинформатики и дистанционного зондирования Земли.

*Борис Дворкин,  
главный редактор*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Новости</b> .....	<b>4</b>
----------------------	----------

### Актуальное интервью

Интервью с А. Ю. Верховцевым, руководителем Департамента связи и массовых коммуникаций Воронежской области.....	12
---	----

### Данные дистанционного зондирования

Геопространственная разведка в интересах людей.....	16
---	----

### Обработка данных ДЗЗ

#### **И. В. Оньков**

Оценка точности ЦМР, созданных по стереопарам триплета КА TH-1 в программном комплексе ENVI.....	22
--	----

#### **Л. С. Крамарева, И. С. Пустынский, А. А. Филей, Ю. С. Четырин, А. О. Чудин**

Использование комплекса ENVI+IDL для разработки алгоритмов в области ДЗЗ в Дальневосточном центре ФГБУ «НИЦ «Планета».....	28
--	----

#### **В. О. Скрипачев, А. П. Пирхавка**

Формат данных DICOM и возможности его обработки средствами IDL.....	32
---	----

### Использование данных ДЗЗ

#### **М. Паскаль**

Спутниковые данные помогают в борьбе с лихорадкой Эбола.....	37
--	----

### Геоинформационные технологии

#### **А. А. Глотов**

Применение геоинформационных технологий для формирования систем поддержки принятия решений в области здравоохранения.....	38
---	----

#### **С. А. Куролап, П. М. Виноградов, О. В. Клепиков**

Геоинформационно-аналитический комплекс для обеспечения медико-экологического мониторинга г. Воронежа.....	43
--	----

#### **Д. Р. Струков, А. С. Чигинева**

Пространственный метод анализа доступности медицинской помощи детям на примере Санкт-Петербурга.....	51
--	----

#### **Д. А. Мидоренко**

Отражение социальных показателей в облачном атласе Тверской области.....	56
--	----

#### **В. В. Торопцев, А. В. Баркалов**

Графическая система «Глобус».....	60
-----------------------------------	----

### Выставки и конференции

Итоги 11-й международной выставки геодезии, картографии и геоинформатики GeoForm+ 2014.....	64
---	----

### Справочный раздел

#### **В. В. Замшин**

История возникновения и развития аэроносмических методов исследования Земли.....	67
--	----

## CONTENT

<b>News</b> .....	4
<b>Hot Interview</b>	
Interview with A. Verkhovtsev, Head of the Department of Communications in Voronezh Region.....	12
<b>Remote Sensing Data</b>	
Geospatial intelligence of the people, by the people, for the people.....	16
<b>Remote Sensing Data Processing</b>	
<b>I. Onkov</b>	
DEM accuracy evaluation generated from SC TH-1 triplet stereopairs in ENVI software.....	22
<b>L. Kramareva, I. Pustynsky, A. Filey, Yu. Chetyrin, A. Chudin</b>	
ENVI+IDL application to elaborate algorithms in the field of remote sensing data in Far-Eastern Center of State Research Center «Planetа».....	28
<b>V. Skripachyov, A. Pirkhavka</b>	
DICOM data format and the possibility of data processing.....	32
<b>Application of Remote Sensing Data</b>	
<b>M. Pascal</b>	
Satellites and cartographers combat Ebola.....	37
<b>Geoinformation Technologies</b>	
<b>A. Glotov</b>	
The application of geoinformation technologies to generate decision support systems in Health sphere.....	38
<b>S. Kurolap, P. Vinogradov, O. Klepikov</b>	
Geoanalytical complex for medical and ecological monitoring of Voronezh.....	43
<b>D. Strukov, A. Chiginyova</b>	
The spatial method of analysis of the health care access by the example of St. Petersburg.....	51
<b>D. Midorenko</b>	
The reflection of social indicators in the cloud atlas of Tver Region.....	56
<b>V. Toroptsev, A. Barkalov</b>	
Graphic System «Globus».....	60
<b>Exhibitions and Conferences</b>	
The results of XI International Exhibition of Geodesy, Cartography and GIS GeoForm+ 2014.....	64
<b>Reference</b>	
<b>V. Zamshin</b>	
The origin and the development of aerial methods of Earth observation.....	67



### Редакционная коллегия:

М. А. Болсуновский  
 А. М. Ботрякова  
 Б. А. Дворкин  
 С. А. Дудкин  
 О. Н. Колесникова  
 С. В. Любимцева  
 С. Н. Мисникович  
 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. Агаркова  
 С. Н. Мисникович

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: [geomatics@sovzond.ru](mailto:geomatics@sovzond.ru)

Web-site: [www.geomatica.ru](http://www.geomatica.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 07.11.2014 г.

Отпечатано ООО «Юнион-Принт»



Учредитель –  
 компания «Совзонд»

Тираж 3000 экземпляров.

Рекомендованная цена – 217 р. 50 к.

## КОМПАНИЯ «СОВЗОНД» ВОШЛА В СПИСКИ КРУПНЕЙШИХ И САМЫХ БЫСТРОРАСТУЩИХ РОССИЙСКИХ ИТ-КОМПАНИЙ



Компания «Совзонд» заняла 42-е место в списке крупнейших российских ИТ-компаний в ежегодном рейтинге «Российские информационные технологии» рейтингового агентства «Эксперт РА».

«Наша компания показала существенный прирост выручки за год — 60,1%, что обусловлено реализацией крупных проектов по поставке данных ДЗЗ», — отметил первый заместитель генерального директора компании «Совзонд» М. А. Болсуновский.

Согласно рейтингу «Эксперт РА» по итогам 2013 г. наблюдается заметное снижение темпов роста выручки крупнейших ИТ-компаний. Наибольшая доля выручки приходится на сегмент ИТ-услуг. Суммарно консалтинг и интеграция, поддержка и обучение принесли ведущим ИТ-компаниям 207,3 млрд р. (46% от их общей выручки).

Прирост суммарной выручки участников рейтинга в сегменте поставок оборудования и программного обеспечения в рамках интеграционных проектов оказался в 2013 г. отрицательным

и составил -13% (против +22% в 2012 г.). Поставка оборудования и ПО — единственное направление, где изменение общей выручки участников рэнкинга было отрицательным.

Самыми заметными темпами развивается направление разработки программного обеспечения: по результатам 2013 г. прирост суммарной выручки участников рейтинга здесь составил 16%, а ее объем — почти 50 млрд р.

По прогнозам «Эксперт РА» на ИКТ-рынке продолжится снижение выручки в сегменте интеграционных поставок, а подстегивать рынок продолжат ИТ-услуги. Что касается заказчиков, то участники рейтинга ожидают, что заметную долю в ближайшее время займет госсектор в связи с программой развития ИТ-отрасли.

По итогам 2013 г. был составлен список 100 крупнейших и 20 самых быстрорастущих ИТ-компаний России по версии интернет-портала CNews.

Компания «Совзонд» стала единственной компанией отрасли космических технологий в этом рейтинге, заняв 83-е место в общем списке и 4-е место в списке самых быстрорастущих ИТ-компаний России. В списке самых быстрорастущих компаний

первые три места заняли региональные игроки. Компания «Совзонд» по этому показателю опередила все другие московские компании.

«Совокупная выручка 100 крупнейших ИТ-компаний России по итогам 2013 г. составила 918 млрд р., а наблюдаемое с 2010 г. снижение темпов роста зафиксировалось на нулевой отметке. Впрочем, с поправкой на инфляцию (6–6,5%) это скорее проседание. В долларовом эквиваленте можно говорить о явном спаде — на уровне 2,4%. Напомним, что годом ранее аналогичный показатель рейтинга CNews составил 919 млрд р. при росте около 6%», — отмечается в комментариях CNews.

«Стагнация неизбежно сказалась и на рынке труда в отечественной ИТ-отрасли. Если в 2012 г. первая тройка рейтинга самых быстрорастущих (по численности сотрудников) компаний набирала новый персонал тысячами, то теперь все заметно скромнее. А 19 компаний из 100 пришлось сократить штат, — такой вывод делает CNews. — Компания «Совзонд», увеличив в 2013 г. число сотрудников на 20,8% (до 122 человек), вошла в двадцатку самых быстрорастущих ИТ-компаний.

## ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОРТАЛ «ДОСТУПНЫЙ РЕГИОН КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ» — ЛУЧШИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ИТ-ПРОЕКТ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ 2013 г.

По заказу ГБУ КО «Агентство информационных технологий Калужской области» (ГБУ КО «Калугаинформтех») компания «Совзонд» разработала и внедрила в эксплуатацию информационный портал «Доступный регион Калужская область» для маломобильных групп населения, включая мобильную версию портала.

Цель проекта: повысить качество жизни людей с ограниченными физическими возможностями. Геопортал позволит оказать информационную поддержку маломобильным гражданам, предоставить аналитические инструменты, адаптированные под нужды людей, выявить строительные и другие недостатки инфраструктуры, а также решить целый ряд других задач.

Проект был номинирован на конкурс «Лучшие 10 ИТ-проектов для госсектора. Образовательные и медицинские учреждения», который проходил в рамках Всероссийского форума «Приоритеты 2014: Информатизация образования и здравоохранения в России» 4 июня 2014 г. в Москве при участии Министерства образования РФ, Министерства связи и массовых коммуникаций РФ, Правительства

Москвы и Администрации Президента РФ.

В конкурсе определялись победители в 12 номинациях. Решением жюри проект компании «Совзонд» был признан победителем в номинации «Лучший инновационный проект в здравоохранении». На церемонии награждения присутствовал представитель заказчика проекта — заместитель директора по производству ГБУ КО «Агентство информационных технологий Калужской области» С. С. Алдошин.

Компания «Совзонд» предлагает разработку проекта «Доступный регион» и для других субъектов РФ. Проект обеспечивает информационно-аналитическую поддержку при принятии управленческих решений для планирования и создания безбарьерной среды в регионе. Для реализации поставленной задачи на карту наносится информация о соответствии городской инфраструктуры требованиям СНИП 35-01-2001, а также индикаторы доступности объектов городской инфраструктуры для инвалидов и других маломобильных групп населения. Пользователи могут оценивать соответствие представленной органами власти официальной информации о доступности реальному состоянию

инфраструктуры (оценка доступности, фотографии, комментарии, рейтинги и пр.) с использованием веб-браузеров и мобильных устройств. Аналитические отчеты, содержащие комплексную информацию из официальных и пользовательских данных, являются инструментом для работы контролирующих и надзорных органов.



Рис. Награждение представителей исполнителя и заказчика проекта памятным призом и дипломами

## КОМПАНИЯ DIGITALGLOBE ЗАПУСТИЛА СПУТНИК WORLDVIEW-3

13 августа 2014 г. с авиабазы Ванденберг (Калифорния, США) ракетой-носителем Atlas V 401 был произведен запуск космического аппарата WorldView-3.

С запуском WorldView-3 (рис. 1) группировка спутников компании DigitalGlobe кардинально повысит технологическую планку для коммерческих спутников. В настоящее время компания владеет группировкой из пяти спутников сверхвысокого разрешения. Два из них — GeoEye-1 и WorldView-2 — ведут съемку с разрешением лучше 50 см. WorldView-3 обеспечит еще более высокое разрешение — 31 см, и спутник WorldView-4 (быв. GeoEye-2), работа над которым, по существу, завершена, будет вести съемку с тем же разрешением.

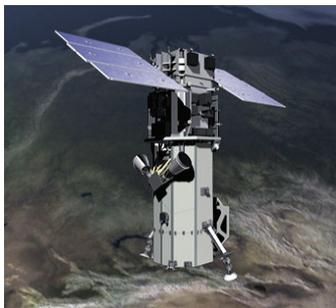


Рис. 1. Спутник WorldView-3

Спутник WorldView-3 предназначен для съемки в панхроматическом и 8-канальном

мультиспектральном режиме. Съемочная аппаратура полностью аналогична той, которая установлена на КА WorldView-2. Точность геопозиционирования в плане составляет 6,5 м СЕ90 или 4 м (СКО) без дополнительной коррекции плановых координат по наземным опорным точкам. Съемка ведется в режимах VNIR (Visible and Near Infrared — мультиспектральный видимый и ближний инфракрасный диапазон; 8 каналов), SWIR (Shortwave Infrared — средний инфракрасный диапазон; позволяет вести съемку сквозь дымку, туман, смог, пыль и облака; 8 каналов) и CAVIS (cloud, aerosol, vapor, ice, snow — позволяет проводить атмосферную коррекцию; 12 каналов). Конструированием спутника WorldView-3 занималась компания Ball Aerospace & Technologies. Оптика и приборы для съемки, включая сенсор SWIR, разработаны компанией Exelis. Расчетный срок функционирования спутника — 7 лет.

Через шесть дней после запуска спутника, 19 августа, команда DigitalGlobe завершила ввод в эксплуатацию космического аппарата и включила съемочную аппаратуру, чтобы начать наблюдение за планетой. 21 августа завершились работы над

фокусировкой, и сейчас спутник WorldView-3 полностью готов к работе.

Дж. Тарр, главный исполнительный директор, прокомментировал это событие: «Мы рады, что еще на первоначальных стадиях калибровки и ввода в эксплуатацию WorldView-3 делает новые снимки, которые дают возможность пользователям решать наиболее актуальные, глобальные проблемы. Производительность WorldView-3 превосходит все ожидания, и это большой шаг вперед, который поможет нашим клиентам принимать важные решения и не сомневаться в том, что они спасают жизни, снижают затраты и экономят время».

Образец одного из первых снимков представлен на рис. 2. Взглянув на снимки со спутника WorldView-3, можно сделать вывод, что пользователям станет намного легче определить тип транспортного средства (легковой или грузовой автомобиль, его модель), скорость и направление движения, что будет представлять собой ценную информацию для целого ряда клиентов. Суперспектральная съемка с разрешением 30 см позволит производить количественные оценки состояния автомобильных дорог, в том числе износа их поверхности,

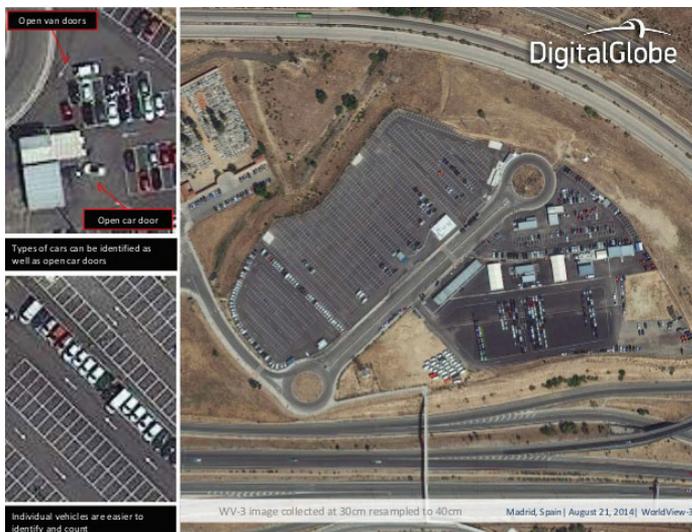


Рис. 2. Снимок со спутника WorldView-3 с разрешением 30 см, заглубленный до 40 см. Мадрид (Испания), 21 августа 2014 г.

и станет ценной информацией для национальных, государственных и местных органов власти.

Снимки сверхвысокого разрешения также представляют ценность для тех, кто работает в сферах, связанных с использованием природных ресурсов Земли. На снимках WorldView-3 специалисты могут автоматически различать цвета,

текстуру, производить расчеты изменений во времени, что особенно важно для энергетического сектора, охраны окружающей среды и государственного управления. Благодаря съемке в режиме SWIR будут в разы улучшены данные съемки со спутника WorldView-3 — появится возможность определять состав минеральных веществ и виды растительности при

помощи характеристик, не различимых невооруженным глазом.

С помощью снимков со спутника WorldView-3 можно более точно контролировать скорость реализации инвестиционных проектов на региональном и государственном уровнях. Например, осуществлять мониторинг темпов строительства, включая определение использованных строительных материалов. Появится возможность контролировать состояние дорожной сети и плотность населения, что очень важно для правительственных организаций и частных компаний.

Министерство торговли США приняло решение о снятии ограничений на продажу космических снимков с разрешением до 25 см. Таким образом, компании DigitalGlobe разрешено поставлять своим клиентам снимки с наивысшим на данный момент в мире разрешением. Поставка снимков с разрешением 25 см в панхроматическом режиме и 1 м — в мультиспектральном начнется в феврале 2015 г.

## ДАнные со спутника WorldView-3 будут поддерживаться программным комплексом ENVI



Visual Information Solutions

Компания Exelis VIS сообщает о включении

поддержки данных со спутника WorldView-3 в новой версии программного комплекса ENVI 5.2, выход которой планирует осенью 2014 г.

Многочисленные возможности спутника WorldView-3

позволят использовать его данные в различных отраслях экономики, в том числе для картографирования землепользования, мониторинга чрезвычайных ситуаций, разведки полезных ископаемых,

мониторинга растительности и т. п. Многие из текущих возможностей ENVI, такие, как классификация, выявление изменений и широкий набор продвинутых инструментов спектрального анализа, могут быть использованы для обработки и анализа данных со спутника WorldView-3, однако в новой версии программного комплекса ENVI 5.2 эти программные возможности будут дополнены новыми.

- **Поставка данных со спутника будет реализована в четырех видах:**

- Pan-Sharpned, 4 канала;
- VNIR (Visible and Near Infrared — мультиспектральный видимый и ближний инфракрасный диапазон), 8 каналов;
- SWIR (Shortwave Infrared — коротковолновый инфракрасный диапазон), 8 каналов;
- 16-канальный продукт SuperCube — комбинация 8 каналов VNIR-диапазона и 8 каналов SWIR-диапазона.

Работа со всеми типами данных будет очень удобна в ENVI 5.2 благодаря автоматическому отображению метаданных, в том числе названий каналов, времени съемки, средней длины волны канала, относительной спектральной чувствительности, коэффициентов радиометрической калибровки и др., которые используются в инструментах обработки ENVI.

- **Возможность получения большого объема данных:** периодичность съемки со

спутника WorldView-3 составляет меньше одних суток, а производительность съемки — 680 000 кв. км в день. Время получения, указываемое в метаданных, в ENVI 5.2 будет отображаться в наборах растровых данных автоматически, а благодаря возможностям ENVI автоматически анализировать время съемки появится целый набор новых возможностей пространственно-временного анализа. Среди них: создание растров с поддержкой времени, выполнение радиометрической калибровки, приведение к единой системе пространственных координат, а также различные возможности визуализации и отображения наборов растров и экспорт полученных анимаций в стандартные видеформаты.

- **Для выполнения процедуры Pan-Sharpening** — возможности улучшения сверхвысокого пространственного разрешения снимков со

спутника WorldView-3 (размер пикселя на местности — 0,31 м в панхроматическом и 1,24 м в мультиспектральном режиме) — в ENVI 5.2 **появится новый алгоритм слияния изображений**, разработанный в Лаборатории цифровых изображений и дистанционного зондирования Рочестерского технологического института — NNDiffuse image fusion. Алгоритм будет доступен как инструмент графического интерфейса пользователя (GUI) в настольной версии ENVI 5, в виде интерфейса программирования приложений (API) для пакетной обработки данных, а также в ENVI Services Engine для развертывания на сервере. Ключевая особенность алгоритма NNDiffuse — превосходное качество выходного изображения с сохранением цвета и спектральной точности одновременно с многопоточковой обработкой данных (рис.).

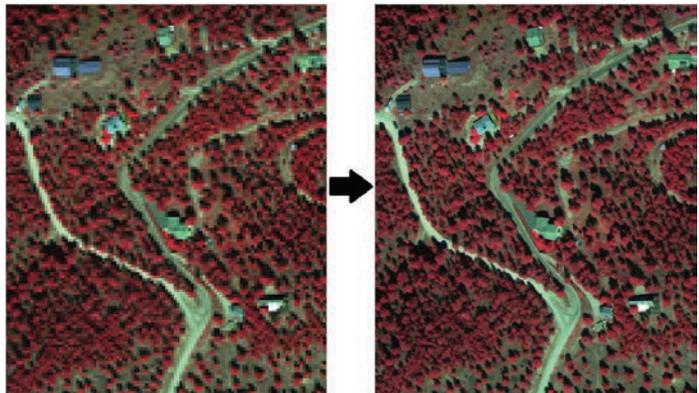


Рис. Пример применения инструмента NNDiffuse к данным со спутника WorldView-2

• **Спектральное разрешение:** добавление 8 каналов коротковолновой инфракрасной области спектра (1195–2365 нм) позволит вести съемку сквозь дымку, туман, смог, пыль и облака. Добавление данных каналов впервые доступно на коммерческом спутнике и предоставляет многочисленные аналитические возможности. Одна из технологий спектральной обработки изображений —

вычисление спектральных индексов, которые используются для выявления спектрального различия между материалами (по двум или более спектральным каналам). На анализ по спектральным индексам не влияет степень освещенности, что позволяет широко использовать их при разведке полезных ископаемых и картографировании растительности. В ENVI 5.2 новый инструмент GUI и API

для пакетной обработки предоставят возможность вычисления 64 спектральных индексов по мультиспектральным и гиперспектральным наборам данных. Конкретное число спектральных индексов, которое может быть рассчитано для заданного изображения, зависит от длины волны. Для данных спутника WorldView-3 будет возможен расчет до 44 различных спектральных каналов.

## СЕМИНАР, ПОСВЯЩЕННЫЙ 6-ЛЕТИЮ ЗАПУСКА ГРУППИРОВКИ СПУТНИКОВ RAPIDEYE. НОВАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЙ RAPIDEYE PCM



29 августа 2014 г. в Москве состоялся семинар, посвященный шестой годовщине запуска группировки спутников RapidEye. Организаторы: компания «Совзонд» (Россия) и BlackBridge (Германия). В семинаре приняли участие более 30 специалистов из организаций и компаний, использующих в своей деятельности данные космической съемки Земли.

Семинар открыл М. А. Болсуновский, первый заместитель генерального директора компании «Совзонд» —

эксклюзивного поставщика данных RapidEye в России и странах СНГ (рис. 1). Он отметил исключительный вклад компании BlackBridge в развитие отрасли дистанционного зондирования Земли. Шесть лет работы на орбите группировки

спутников RapidEye позволили обеспечить данными и прикладными геоинформационными сервисами многие отрасли хозяйства. Пожелав дальнейших успехов компании BlackBridge, М. А. Болсуновский предоставил слово ее вице-президенту Джону Алрихсу.



Рис. 1. Открытие семинара М. А. Болсуновским, первым заместителем генерального директора компании «Совзонд»

Дж. Алрихс напомнил историю создания и запуска спутников RapidEye (рис. 2). Группировка спутников RapidEye способна обеспечивать ежедневное покрытие съемкой в 5-канальном мультиспектральном режиме с разрешением 5 м территории до 5 млн кв. км, причем периодичность съемки одного и того же района Земли — 24 часа. Данные космического мониторинга RapidEye отлично себя зарекомендовали в геоинформационной отрасли различных стран мира, включая Россию, в сельском и лесном хозяйстве, нефтегазовом комплексе, энергетике, телекоммуникации, тематическом и специальном картографировании, экологии и охране окружающей среды, управлении чрезвычайными ситуациями. Группировка спутников работает стабильно и по расчетам инженеров компании

BlackBridge проработает в полнофункциональном режиме до 2020 г. Учитывая большой положительный эффект использования данных RapidEye, уже сейчас начались работы по созданию следующей генерации спутников — RapidEye+. Предварительно можно сказать о некоторых технических параметрах: добавится панхроматический режим съемки с разрешением до 1 м, разрешение в мультиспектральном режиме улучшится до 4 м, для повышения качества съемки дополнительно предусматриваются режимы SWIR и CAVIS. Запуск пяти спутников RapidEye+ запланирован на 2019 г.

В своих следующих презентациях Джон Алрихс остановился на технологиях сельскохозяйственного и лесного мониторинга с помощью спутников RapidEye. Сельскохозяйственный мониторинг,

осуществляемый спутниками RapidEye, успешно проявил себя в программах для Северной Америки благодаря возможностям многократной съемки на протяжении всего сельскохозяйственного сезона и наличию спектрального канала red-edge, оптимально подходящего для анализа состояния растительности. Были рассмотрены также вопросы использования космических снимков RapidEye для инвентаризации и определения породного состава лесов, выявления отклонений, обусловленных деятельностью вредителей и болезнями насаждений, выявления и анализа динамики вырубок. В качестве примера использования данных RapidEye для постоянного контроля незаконной вырубки лесов докладчик привел проект, выполняемый для мексиканского правительства — MDA-Mex.



Рис. 2. Выступление Дж. Алрихса, вице-президента компании BlackBridge

## НОВАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЙ ОТ BLACKBRIDGE — RAPIDEYE PERSISTENT CHANGE MONITORING

На базе данных RapidEye компания BlackBridge развивает геоинформационные сервисы, включая систему RapidEye Persistent Change Monitoring (PCM™), базирующуюся на технологии «change detection» компании MDA и предназначенную для обеспечения непрерывного

и экономически эффективно процесса обновления карт и баз пространственных данных. С сообщением об этом уникальном сервисе выступила представитель компании BlackBridgе в России Е. Аш.

Обновление карт и баз больших пространственных данных (big data) может отнимать много времени и сил. Новое решение РСМ™, основанное на данных со спутников RapidEye, облегчает эту задачу за счет

более простого способа выявления областей значительных изменений. Внедрение системы RapidEye РСМ™ стало возможным благодаря огромному архиву данных с мультиспектральных спутников RapidEye, их высокому разрешению и возможности оперативной многократной космической съемки больших территорий. Используя снимки RapidEye и систему РСМ™, пользователи могут определять даже небольшие по масштабу

изменения объектов размером до 5 м для обновления карт вплоть до масштаба 1:5000 (рис. 3).

Сервис RapidEye РСМ™ представляет собой простой растровый файл, который легко совмещается с существующей картой, требующей обновления. Комбинирование картографического векторного слоя и снимка с высоким разрешением позволяет быстро создавать новые обновленные векторные слои карты (рис. 4).



Рис. 3. а) Продукт RapidEye РСМ™ выявляет изменения (зеленые пиксели). Снимок до появления изменений, 11 марта 2011 г. б) Новое здание отображено на снимке сверхвысокого разрешения. Снимок после появления изменений, 15 августа 2012 г.

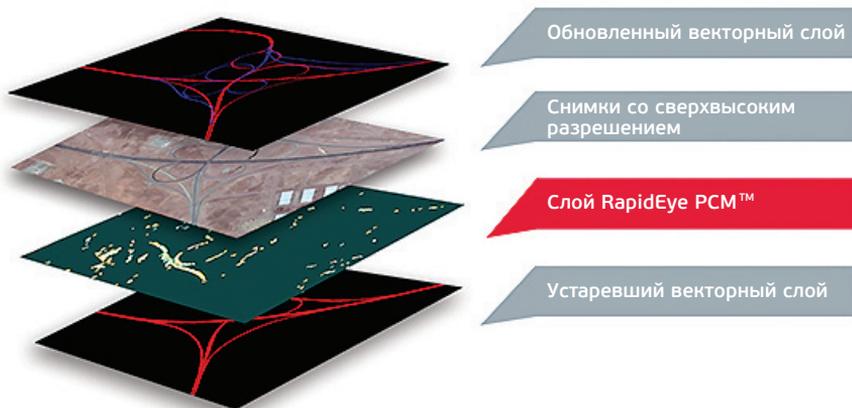


Рис. 4. Место сервиса RapidEye РСМ™ в рабочем процессе

# Департамент связи и массовых коммуникаций Воронежской области: необходимо развивать государственный экологический мониторинг\*



*О развитии и использовании геоинформационных систем правительством Воронежской области в интервью CNews рассказал Артем Верховцев, руководитель Департамента связи и массовых коммуникаций Воронежской области.*

**CNews:** Какие задачи выполняет информационная система «Мониторинг территории Воронежской области, состояния окружающей среды региона» (система государственного экологического мониторинга)? Кто является потенциальными пользователями системы?

**А. Верховцев:** Необходимость экологического мониторинга определена Федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Создание системы нацелено на обеспечение охраны окружающей среды с применением данных дистанционного зондирования Земли.

На сегодняшний день с помощью информационной системы экологического мониторинга проводятся регулярные наблюдения за территорией Воронежской области, происходящими на ней процессами и явлениями, состоянием и динамикой

изменений окружающей среды, в том числе отдельных ее компонентов и экосистем. Система, разработанная компанией «Совзонд», позволяет хранить и обрабатывать информацию о состоянии окружающей среды, анализировать ее для своевременного выявления изменений под воздействием природных и антропогенных факторов, оценивать и прогнозировать эти изменения, оперативно выявлять опасные и неблагоприятные в экологическом отношении процессы и объекты. Пользователями системы являются органы государственной власти, местного самоуправления, юридические лица, индивидуальные предприниматели и простые граждане.

Система мониторинга окружающей среды Воронежской области включает четыре основные подсистемы. Во-первых, это подсистема мониторинга инфраструктуры эксплуатируемых месторождений полезных ископаемых.

\* В разделе «Геоинформатика» интернет-портала CNews (<http://gis.cnews.ru/reviews/index.shtml?2014/09/12/585740>) опубликовано интервью с руководителем Департамента связи и массовых коммуникаций Воронежской области Артемом Верховцевым. Редакция портала дала согласие на перепечатку этого интервью в журнале «Геоматика»

Во-вторых, подсистема мониторинга среды обитания объектов животного мира (за исключением объектов животного мира, находящихся на особо охраняемых природных территориях федерального значения). В-третьих, подсистема мониторинга мест размещения отходов производства и потребления в Воронежской области. В-четвертых, подсистема мониторинга водных объектов и гидротехнических сооружений.

Основной потребитель получаемой информации — Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области и в общедоступной части — жители региона. С открытыми статистическими данными и аналитикой граждане могут знакомиться на интерактивной карте геопортала Воронежской области.

**CNews:** Какие результаты принесло или может принести использование системы государственного экологического мониторинга? Есть ли какие-то отзывы об ее использовании, достоинствах, недостатках?

**А. Верховцев:** Система создана в декабре 2013 г., а работать с ней департамент начал только в феврале 2014 г. Соответственно результатов пока немного, но они уже есть. Проведен анализ состояния территории области на предмет выявления незаконной добычи полезных ископаемых и мест захламления, по результату составлены планы проверок на 2014 г. и ведется работа на местности.

Ключевым преимуществом системы перед традиционными методами сбора информации является полный охват территории региона.

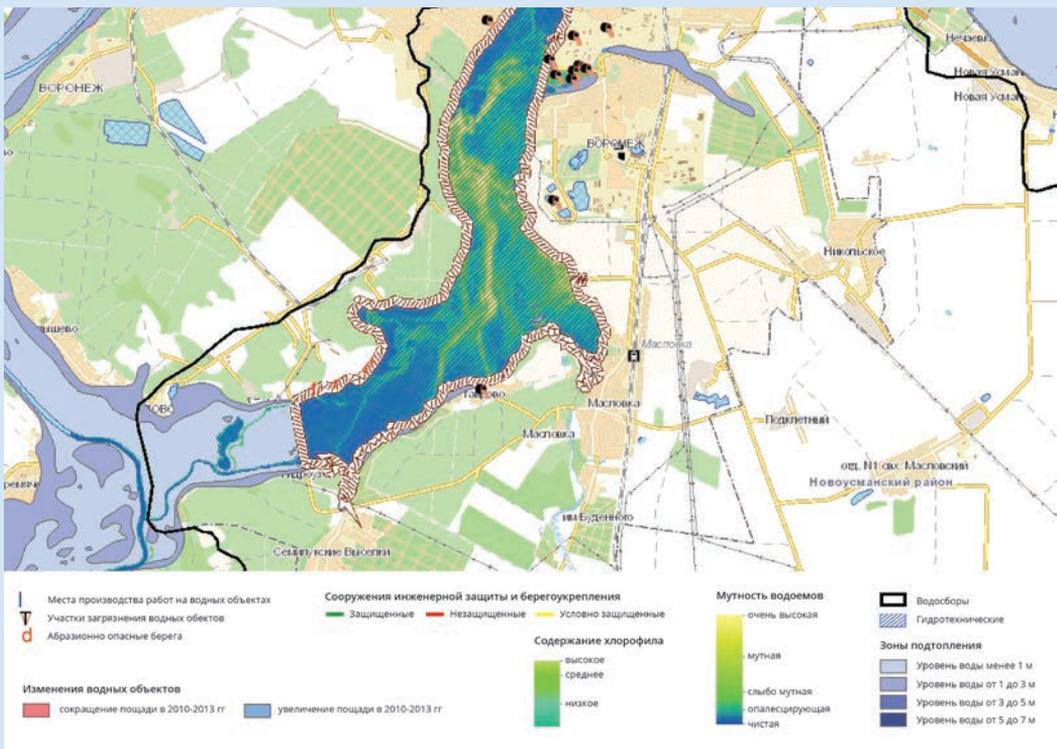


Рис. Визуализация результатов дешифрирования экологического состояния Воронежского водохранилища (приведена картограмма мутности воды, обозначены основные источники загрязнения водоема)

В то же время из космоса не видно, что скрыто под плотными кронами деревьев в лесу, и метровое разрешение не всегда дает возможность однозначно идентифицировать малые объекты на территориях, прилегающих к населенным пунктам, что и приводит к необходимости уточнения объектов на местности. Тем не менее — появилась полная картина состояния территории, в то время как ранее информация собиралась большей частью от граждан и фактически только о местах с высокой проходимость (людей нет — и информации нет). Мониторинг водных объектов и среды обитания животных не может быть в полном объеме осуществлен разовым обследованием, он требует накопления статистики за несколько лет. На данный момент получена только первичная статистика.

**CNews: Какие технологии использует система?**

**А. Верховцев:** Система построена на геоинформационных технологиях, включающих в себя обработку и представление данных дистанционного зондирования Земли, их дешифрирование по предметным моделям, формирование тематических интерактивных карт в векторном формате, автоматизированные механизмы отслеживания изменения объектов. Применение этих технологий позволяет производить весь спектр работ от первичной обработки данных дистанционного зондирования до формирования отчетных картографических и табличных материалов.

**CNews: В каком направлении будет развиваться система государственного экологического мониторинга? Какие дополнительные функции планируется добавить и как они повлияют на социально-экономическое развитие Воронежской области?**

**А. Верховцев:** В первую очередь система развивается в части межотраслевого взаимодействия. В 2014 г. создается смежная подсистема градостроительного

мониторинга системы территориального планирования Воронежской области.

Необходимость развития государственного экологического мониторинга обусловлена в первую очередь необходимостью экологического зонирования и планирования (водоохранные зоны, территории ООПТ, заказников, заповедников, памятников природы и др.). Это позволит исключить противоречия, снизить количество решений, принятых с нарушением природоохранного законодательства, и своевременно выявлять такие нарушения.

Следующим направлением развития на 2015 г. выбрано создание системы сельскохозяйственного мониторинга. По первичным расчетам, на примере завершающегося в данный момент пилотного проекта в Каменском муниципальном районе, в масштабе региона система должна способствовать дополнительному ежегодному сбору налога на землю в размере 83 млн р. и единого сельскохозяйственного налога в размере около 300 млн р.

**CNews: На каком этапе находится развитие системы использования результатов космической деятельности в управлении регионом (в рамках областной долгосрочной целевой программы на 2013–2015 гг.)?**

**А. Верховцев:** На настоящий момент создана и запущена информационная система «Мониторинг территории Воронежской области, состояния окружающей среды региона» и объявлен конкурс на создание подсистемы градостроительного мониторинга системы территориального планирования Воронежской области. Подана заявка в Роскосмос, и мы начинаем получать космическую съемку с отечественных космических аппаратов «Канопус-В», «Ресурс-П» и «Ресурс-ДК». Соответственно система находится на этапе развития и данные, получаемые с ее помощью, только внедряются в механизмы государственного управления.

# КОМПАНИЯ «СОВЗОНД»

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ



- **ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ** в области геоинформационных технологий, облачных вычислений и методов космического мониторинга
- **ПОСТАВКА** космических снимков и других пространственных данных
- **ПОСТАВКА** программного обеспечения и высокотехнологичного оборудования для обработки и анализа пространственных данных
- **ГОТОВЫЕ ОТРАСЛЕВЫЕ РЕШЕНИЯ**



Муниципальное хозяйство.



Лесное хозяйство



Нефтегазовый комплекс



Природоохранная деятельность



Чрезвычайные ситуации.



Транспорт и связь



Градостроительная деятельность



Сельское хозяйство



Геология и горная промышленность



Экология



Водное хозяйство



Рекреация и спорт

115563, Москва, ул. Шипиловская 28А, бизнес-центр «Милан»

Тел.: +7 (495) 988-7511, 988-7522 | Факс: +7 (495) 988-7533 | E-mail: [sovzond@sovzond.ru](mailto:sovzond@sovzond.ru) | Web-site: [www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)

# Геопространственная разведка в интересах людей\*

Сколько транспортных средств, какова численность вооруженных сил и беженцев в результате конфликта в Южном Судане? Каковы степень повреждения зданий и ущерб сельскохозяйственному производству в результате гражданской войны в Сирии? Где военно-морские силы США должны сконцентрировать усилия для поиска малайзийского боинга? Эти и многие другие вопросы определяют задачи, которые профессиональному геоинформационному сообществу надо решать ежедневно: картографирование инфраструктуры, выявление транспортных средств, людей или объектов в глобальном масштабе.

Извлечение геопространственной информации в масштабе планеты является чрезвычайно сложной задачей. Например, «арабская весна» 2010 г. вдохновила оппозицию в Сирии на протесты в начале 2011 г., которые в 2012 г. вылились в революцию, а в настоящее время там происходит полномасштабная гражданская война. Отслеживание развития подобных событий и полномасштабное их отображение необходимы для понимания последствий в реальном времени, а это является сложной задачей для любого аналитика.

Тем не менее и для глобальных проблем можно найти решение. Теперь международное сообщество, связанное с сетью Интернет, имеет возможность отслеживать события, помогая тем самым оценить ущерб, картографировать зоны боевых действий. Использование новых форм представления данных, в том числе космических снимков, а также возможность обмена фото- и видеoinформацией через социальные сети стали

незаменимым источником информации для геопространственной разведки. Сбор, анализ и оценка достоверности информации, полученной методом краудсорсинга для геопространственной разведки, требуют новых подходов.

Спутники производят съемку миллионов кв. км земной поверхности каждый день, получая разнообразные данные о нашей планете. Этот неослабевающий поток пикселей содержит ценную информацию о важных районах, объектах и событиях по всему миру. Потенциально каждый дом, офисное здание, автомобиль и самолет, каждое наводнение и пожар могут попасть в объектив и оказаться на космическом снимке.

Несмотря на постоянно увеличивающуюся производительность программных комплексов для анализа изображений, пока ничто не может заменить интуицию и восприятие человеческого мозга. Когнитивные задачи, которые просты для нас, очень трудно автоматизировать. Анализ человеком всей информации, получаемой в результате глобальной съемки — это непростая задача: большая часть ценной информации никогда не будет использована просто потому, что физически невозможно просмотреть каждый пиксель. Быстро вручную извлечь надежную информацию из триллионов пикселей стало возможным посредством предоставления данных для анализа большому числу людей, объединенных в сообщество. Работая синхронно, мы сможем лучше понять, что изображения говорят нам о мире. Идея о том, что совместные усилия быстрее приводят к цели,

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

является сущностью краудсорсинга. Большие группы людей, работающие над единой задачей, могут раскрыть сущность процессов и способны совершить настоящий подвиг, который не по силам одному человеку. Идеальным вариантом является совместное использование эффективности автоматизированных технологий и интеллекта человека.

DigitalGlobe достигает этого идеала совместно с компанией Tomnod — краудсорсинговой сетью, где тысячи добровольцев занимаются анализом космических снимков. Тот, кто хоть раз рассматривал в смартфоне карту или находил свой дом в сервисе Google Earth, знаком с основами геопространственной интерпретации космических снимков для целей геопространственной разведки. Интуитивно понятный веб-интерфейс построен на этом широко распространенном принципе и дает возможность практически любому человеку внести свой вклад в анализ изображений. Tomnod делит огромные массивы снимков на множество мелких фрагментов, каждый из которых отправляется нескольким пользователям. Каждого члена сообщества просят выявить на фрагменте определенные признаки: расположение поврежденных от торнадо домов (рис. 1) или объектов религиозного культа в городе, автомобилей на стоянке.

Невозможно гарантировать, что каждый человек имеет опыт, знания и желание выявлять сложные и едва различимые признаки на космическом снимке. Краудсорсинг, однако, позволяет сформулировать единый подход к решению этих вопросов. Мудрость сообщества начинается проявляться, когда пользователи изучают каждый пиксель на изображении, обеспечивая идентификацию необходимых признаков. Все члены сообщества работают изолированно, поэтому, если несколько лиц обнаруживают конкретные одинаковые признаки в определенном месте, мы можем быть уверены, что обнаружена ценная информация.

На сегодняшний день краудсорсинг Tomnod с использованием космической съемки был опробован на сотнях событий, в том числе:

- информирование комиссии по вопросам гуманитарной помощи и реагирования на чрезвычайные ситуации (тайфун Haiyan; см. пример 1, приведенный ниже);
- поисково-спасательные операции по поиску пропавших людей, самолетов и кораблей (самолет Malaysia Airlines, рейс 370; см. пример 2, приведенный ниже);
- обнаружение повреждений зданий после катастрофы в интересах оценки страхования и перестрахования;



Рис. 1. С помощью краудсорсинга по космическим снимкам точно определен каждый разрушенный дом (оранжевый цвет) и каждая поврежденная крыша (синий цвет) после торнадо в городе Мур, штат Оклахома, США

- обнаружение транспортных колонн и человеческой активности в интересах обороны и национальной безопасности;
- изыскания в интересах нефтяной и газовой геологоразведки;
- картографирование и мониторинг объектов инфраструктуры.

CrowdRank™ является алгоритмом для выработки единого мнения на основе геопространственных данных, позволяющим краудсорсинговой информации переходить от количества к качеству и повышать степень ее достоверности. CrowdRank основан на принципе определения степени согласованности между всеми отдельными пользователями в сообществе. Каждый клик пользователя на сайте Tomnod анализируется CrowdRank для получения следующих оценок:

- достоверность локализации на основе согласованного с сообществом мнения;
- надежность мнения отдельного пользователя в сравнении с мнениями остальных

членов сообщества. В процессе оценки достоверности и надежности входной краудсорсинговой информации от сообщества CrowdRank воспринимает сотни тысяч непроверенных данных и преобразует их в компетентную информацию на основе единого мнения. Результатом является ранжированный перечень важных объектов, который используется лицами, принимающими решения, наземными службами, аналитиками для понимания информации, содержащейся в пикселях. Информация CrowdRank интегрируется в уже существующие геопространственные среды или рабочие процессы в виде файлов формата KML, GeoJSON API, WFS, электронных таблиц или аналитических отчетов.

У данных больших объемов (Big Data) часто есть проблемы, связанные со скоростью передачи, разнообразием и достоверностью. Как краудсорсинг решает каждую из этих проблем, описано в табл. 1.

**ОБЪЕМ.** Краудсорсинг использует возможности сотен, тысяч или даже десятков тысяч добровольцев, которые могут многократно анализировать снимки. Использование изображений для первичного анализа предоставляет экспертные данные для аналитиков и служб быстрого реагирования с необходимыми комментариями в наиболее важных для них областях.

**СКОРОСТЬ.** Анализ космических снимков одним человеком является экспертным процессом и часто занимает много времени. Привлекая сотни или тысячи людей к проблеме, краудсорсинг увеличивает масштаб и скорость анализа многократно, сохраняя при этом точность человеческой оценки. Анализ территории в 250 тыс. кв. км, которую один аналитик может проводить в течение нескольких недель, с использованием краудсорсинга выполняется за один день.

**РАЗНООБРАЗИЕ.** Машинный алгоритм может распознавать автомобили, но он будет не в состоянии обнаружить самолеты, корабли или что-то другое из бесконечного разнообразия различных объектов на Земле. Краудсорсинг является гибким методом, который позволяет подстраиваться под потребности анализа, поручая сообществу выявлять различные объекты (здания, элементы инфраструктуры, природные или техногенные события).

**ДОСТОВЕРНОСТЬ.** Каждый человек совершает ошибки. Но при возникновении единого мнения между десятками или сотнями лиц выявление заданных объектов на изображении становится простым, и мы осознаем истинную суть краудсорсинга. Краудсорсинг собирает информацию от сообщества независимых людей и определяет местоположение объектов по максимальному соглашению между этими людьми. Такие алгоритмы, как CrowdRank™, вычисляют надежность оценки каждого человека в сообществе с помощью статистических методов, определяют наиболее релевантные местоположения.

Табл. 1. Особенности обработки больших объемов данных с помощью краудсорсинга

### ПРИМЕР 1: ТАЙФУН HAIYUAN

В ноябре 2013 г. разрушительный супертайфун Haiyan прошел по Филиппинам, став сильнейшим тайфуном по скорости ветра за всю историю. В течение недели после начала стихии со спутников DigitalGlobe были получены снимки на территорию более 100 тыс. кв. км. Снимки сразу же загружались в платформу Tomnod. Одновременно сообществу Tomnod было дано задание зафиксировать множество

пострадавших мест и быстро оценить ущерб. Пользователи в течение нескольких минут получили доступ к снимкам, и тысячи поврежденных зданий, разрушенных домов и заблокированных дорог были мгновенно определены (рис. 2). Эти результаты были переданы в оперативный кризисный штаб для реагирования и принятия решений, а также для оценки ущерба. Кроме того, были получены рекомендации по ликвидации последствий стихийного бедствия.

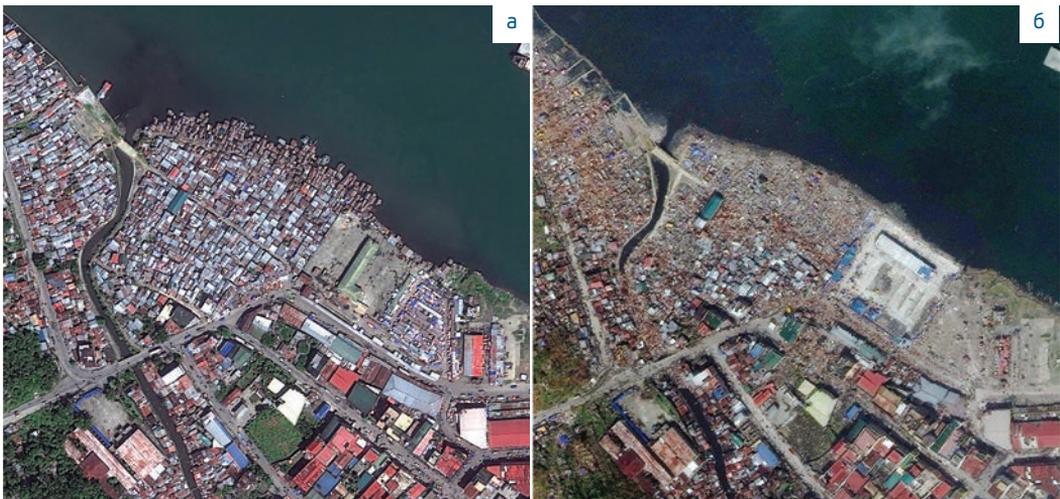


Рис. 2. Наиболее пострадал от тайфуна город Таллобан, что было выявлено по результатам краудсорсинга. а) космический снимок до тайфуна; б) космический снимок после тайфуна

### ПРИМЕР 2: ПОИСК САМОЛЕТА MALAYSIA AIRLINES, РЕЙС 370

Рейс 370 вылетел из столицы Малайзии Куала-Лумпур в Пекин в 12:41 в субботу 8 марта 2014 г. с 239 пассажирами и членами экипажа на борту. Через час борт перестал отвечать на запросы, и местоположение самолета стало загадкой мирового масштаба. Был ли самолет угнан? Потерпел ли крушение? Была ли неисправность на борту или имел место человеческий фактор?

Но самый главный вопрос — где самолет или его обломки?

К воскресенью 9 марта были получены космические снимки на район последнего известного нахождения самолета — Сиамский залив. Было сделано обращение к сообществу Tomnod, и в течение нескольких минут тысячи людей стали искать пятна на воде или возможные признаки крушения. Одновременно были мобилизованы поисковые катера и самолеты. Поступила новая информация, что самолет, скорее всего, находился

в воздухе еще много часов после того, как экипаж перестал отвечать. Зона поиска была расширена до Малаккского пролива на запад, Южно-Китайского моря на восток, а также на юг в Индийский океан.

Поскольку количество снимков увеличивалось, все больше добровольцев регистрировалось на сайте Tomnod для содействия в обнаружении возможных доказательств катастрофы. На момент написания статьи

почти 4 млн добровольцев просмотрели более 120 тыс. кв. км снимков сверхвысокого разрешения (рис. 3). Каждый пиксель рассматривали не менее десяти человек, в результате были обнаружены миллионы возможных следов. CrowdRank анализировал входную информацию и составлял ежедневный рейтинг самых вероятных мест поиска, которые затем проверялись экспертами, аналитиками и поисковыми командами.

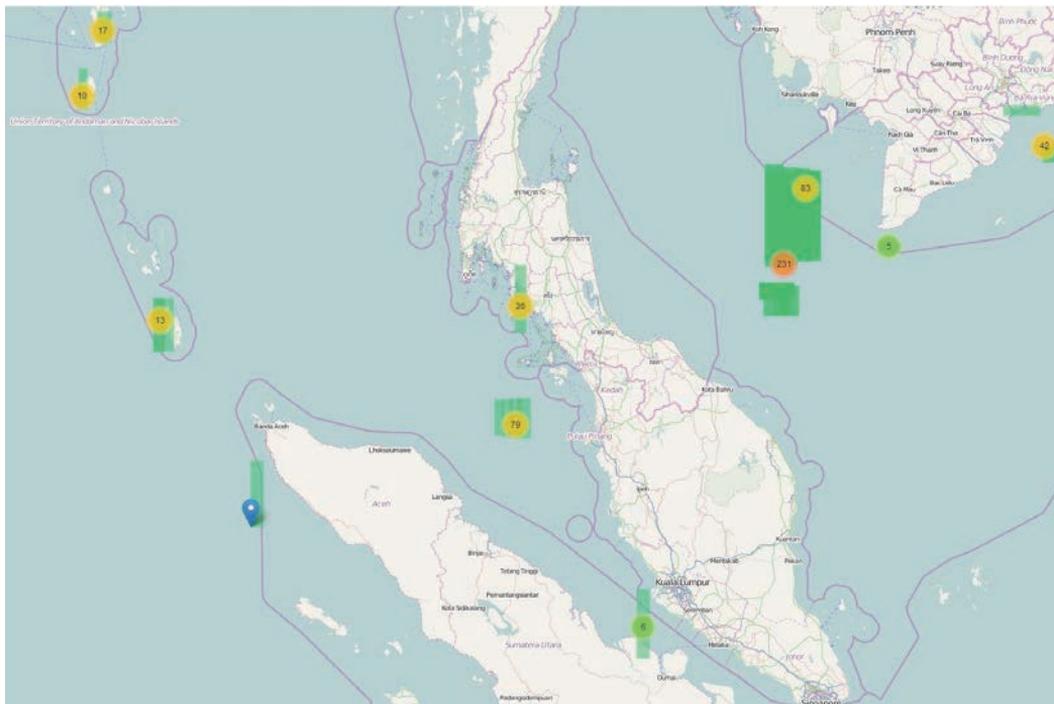


Рис. 3. Зона поиска самолета Malaysia Airlines, рейс 370. Зеленым цветом показаны покрытия космическими снимками. В кружках указано количество обнаруженных следов в тысячах

Краудсорсинговые исследования от Tomnod обеспечивают невероятно точную и феноменальную реакцию на происходящие события, при этом миллионы добровольцев используют снимки с высоким разрешением для поиска объектов на обширных территориях. Краудсорсинг открывает

новое направление для геопространственной разведки, где люди являются одновременно пользователями и производителями данных. Новички и эксперты работают совместно, применяя автоматизированные алгоритмы и человеческую проницательность.

# ЦЕНТР ОБУЧЕНИЯ КОМПАНИИ «СОВЗОНД»



Центр обучения компании «Совзонд» открыт в 2006 г. За это время обучение в Центре прошли более 800 специалистов из России и стран ближнего зарубежья, среди которых сотрудники НЦ ОМЗ, ОАО «Российские космические системы», ФГУП «Рослесинфорг», Министерство сельского хозяйства РФ, Министерство природных ресурсов и экологии РФ, ГНПЦ им. М. В. Хруничева, АО «Национальная компания Казахстан Гарыш Сапары», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ОАО «РКЦ «Прогресс», ТОО «Корпорация Казахмыс», МГУ, МИИГАиК и др.

Курсы проводят ведущие специалисты компании «Совзонд», участвующие в разработке и реализации проектов и имеющие большой опыт обработки космических снимков.

Обучающие курсы рассчитаны на специалистов разных уровней подготовки, работающих в области геоинформатики, картографии, ДЗЗ, геологии, природопользования, в сельском и лесном хозяйстве, кадастре и т. д. При выполнении практических упражнений используются данные со спутников WorldView-1,2, GeoEye-1, Pleiades, RapidEye, Cosmo-SkyMed-1,4, Radarsat и др.

По желанию заказчика может быть разработана специализированная программа обучения, адаптированная под решение конкретных задач, а также организовано выездное обучение.

## КУРСЫ ОБУЧЕНИЯ:

- Работа в базовых модулях фотограмметрической системы INPHO.
- Использование программного комплекса ENVI для обработки и анализа данных ДЗЗ.
- Возможности языка программирования IDL. Дополнительные модули.
- Обработка радиолокационных съемок в дополнительных модулях ENVI SARscape.
- Инструменты и функциональность ArcGIS for Desktop.
- Комплексная обработка данных ДЗЗ в программных продуктах ENVI и ArcGIS for Desktop.
- Visual MODFLOW: практическое применение моделирования подземных вод и переноса загрязняющих веществ.

## Дополнительная информация и запись на обучение:

Тел.: +7 (495) 642-8870, 988-7511, 988-7522. Факс: +7 (495) 988-7533. E-mail: software@sovzond.ru  
Web-site: www.sovzond.ru

**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.

# Оценка точности ЦМР, созданных по стереопарам триплета КА ТН-1 в программном комплексе ENVI

## ВВЕДЕНИЕ

Два космических аппарата серии ТН-1 (ТН-1-1, ТН-1-2) — первые китайские спутники дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), оснащенные стереокамерой с разрешением 5 м для получения стереоснимков в виде триплета, а также панхроматической камерой с высоким разрешением 2 м и мультиспектральной камерой с разрешением 10 м. Спутники предназначены для решения таких задач, как построение цифровых моделей рельефа (ЦМР), создание и обновление топографических карт масштаба 1:50 000 [1].

Исследования геометрической точности ортофотоплана, созданного по панхроматическому

снимку ТН-1 с разрешением 2 м с использованием для ортотрансформирования глобальной цифровой модели рельефа Земли SRTM 3.0 и коэффициентов RPC, подтвердили возможность создания планового картографического материала масштаба 1:25 000 [2].

В данной работе приведены результаты исследования точности высот ЦМР, созданных по стереоснимкам этих спутников триплета. Построение ЦМР выполнено в программном комплексе ENVI процедурой DEM Extraction.

Исходные снимки триплета в формате TIFF с файлами коэффициентов RPC на территорию г. Перми (рис. 1) были предоставлены компанией «Совзонд».



Рис. 1. Исходные снимки триплета КА ТН-1-1 территории г. Перми

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦМР И ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ

Из трех снимков триплета SXZ\_1 (forward), SXZ\_2 (nadir) и SXZ\_3 (backward) была сформирована стереопара forward-backward, по которой были построены ЦМР в двух вариантах:

- без наземных опорных точек (свободная ЦМР);
- с одной опорной наземной точкой, координаты и высоты которой были определены из GPS-наблюдений.

Создание ЦМР выполнялось в системе плоских прямоугольных координат проекции UTM-40 и системе геодезических высот от поверхности эллипсоида WGS-84 с размером шага сетки матрицы высот 10, 20 и 50 м. Пример ЦМР с шагом сетки 50 м в растровой форме приведен на рис. 2.

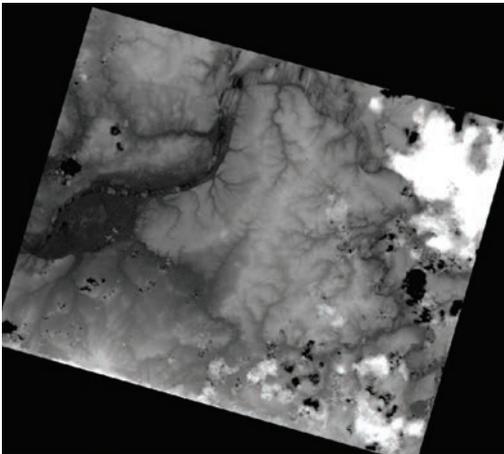


Рис. 2. Цифровая модель рельефа, построенная по стереопаре триплета forward-backward

Для анализа точности ЦМР были выбраны три эталонных участка местности с различным типом поверхности и характером рельефа:

1. Плоскоравнинная территория без наземных построек и древесной растительности (пашня), перепад высот 4 м, площадь 3,5 кв. км.

2. Плоскоравнинная территория с небольшим участком застройки сельского типа, кустарниковая растительность, перепад высот 11 м, площадь 3 кв. км.

3. Сочетание плоскоравнинной и пересеченной местности с застройкой разного типа (сельские населенные пункты, промышленная территория), кустарниковая и лесная растительность, перепад высот 84 м, площадь 86 кв. км.

Схема расположения эталонных участков приведена на рис. 3.

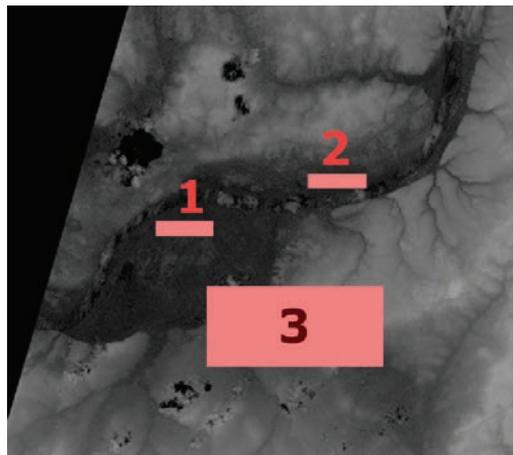


Рис. 3. Схема расположения эталонных участков

В качестве контрольных точек для оценки точности высот ЦМР использовались координаты и подписанные отметки топографической поверхности, снятые с растровых копий планшетов топографической съемки г. Перми масштаба 1:2000–1:5000 с высотой сечения рельефа 1 м. Примеры расположения контрольных точек эталонных участков 2 и 3 на снимках WorldView-2 приведены на рис. 4 и 5. Координаты и отметки точек, снятые с цифровых топографических планов в системе координат города и Балтийской системе высот, преобразовывались в координаты проекции UTM-40 и систему высот относительно эллипсоида WGS-84 в соответствии с ГОСТ [3]



Рис. 4. Схема расположения контрольных точек на эталонном участке 2



Рис. 5. Схема расположения контрольных точек на эталонном участке 3

и использованием цифровой модели Земли EGM96 [4].

Исходным материалом для оценки точности служили разности высот  $H_{ЦМР}$  и отметок земной поверхности  $H_{Торо}$ :

$$\Delta H = H_{ЦМР} - H_{Торо}$$

Отметки высот  $H_{ЦМР}$  в заданных точках рассчитывались путем интерполирования матрицы высот ЦМР двумерными полиномами первой степени с использованием стандартных программ библиотеки численного анализа вычислительного центра МГУ [5].

При статистической обработке данных принималась аддитивная модель ошибок, согласно которой разности высот ЦМР и поверхности Земли рассматривались в виде суммы систематической  $\Delta_H$  и случайной  $\delta_H$  ошибок:

$$\Delta H = \Delta_H + \delta_H$$

В качестве основных показателей точности модели были приняты следующие параметры:

- среднее значение разности высот, оценка систематической ошибки ( $n$  – число точек):

$$\bar{\Delta}_H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i$$

- средняя квадратическая ошибка (Root Mean Square Error):

$$RMSE_{\Delta H} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i^2}$$

- средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error):

$$MAE_{\Delta H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta H_i|$$

- вероятная линейная ошибка (Linear Error)  $LE_{90\Delta H}$ , оцениваемая как 90% вариационного ряда абсолютных значений разностей  $\Delta H_i$ ;

- минимальное  $\Delta H_{min}$  и максимальное  $\Delta H_{max}$  значения разностей высот.

После исключения систематической ошибки из результатов измерений  $\Delta h_i = \Delta H_i - \Delta_H$  оценивались параметры случайной составляющей  $\delta_H$ :

- стандартная средняя среднеквадратическая ошибка:

$$\sigma_{\Delta h} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta h_i^2}$$

- центрированная средняя абсолютная ошибка:

$$\theta_{\Delta h} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n |\Delta h_i|}$$

- минимальное  $\Delta H_{min}$  и максимальное  $\Delta H_{max}$  значения разностей высот.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Всего в статистическую обработку было взято 2479 контрольных точек, в том числе по первому участку — 826 точек, по второму участку — 761 точка, по третьему участку — 892 точки. В обоих вариантах построения ЦМР для исследования точности использовались одни и те же контрольные точки.

В табл. 1–3 приведены результаты оценки точности высот ЦМР в первом варианте, без использования наземных опорных точек (свободные ЦМР).

Анализ результатов, приведенных в табл. 1–3, показывает, что основной вклад в ошибку высоты свободной ЦМР вносит систематическая ошибка, которая слабо зависит от характера местности эталонных

участков и шага сетки матрицы высот и составляет в среднем от -8 до -10 м. Наиболее вероятной причиной появления систематической ошибки  $\Delta H_0$  можно считать погрешности орбитальной привязки КА.

Случайная составляющая ошибки  $\delta H$  имеет выраженную зависимость от характера местности и рельефа (минимальная для первого участка плоскоравнинной открытой местности без построек и растительности и максимальная для пересеченной территории с наземными постройками и растительностью).

Для всех эталонных участков случайная ошибка уменьшается с увеличением шага матрицы высот, вызванного очевидным эффектом сглаживания.

В табл. 4–6 приведены результаты оценки

Показатели точности, м	Шаг сетки матрицы высот, м		
	10	20	50
$\bar{\Delta}_H$	-9,66	-10,24	-10,24
$RMSE_{\Delta H}$	10,08	10,45	10,40
$MAE_{\Delta H}$	9,66	10,24	10,24
$LE90_{\Delta H}$	13,62	12,91	12,52
$\Delta H_{min}$	-20,15	-19,75	-16,73
$\Delta H_{max}$	0,19	-0,72	-5,41
$\sigma_{\Delta H}$	2,88	2,06	1,84
$\theta_{\Delta H}$	2,26	1,64	1,46
$\Delta h_{min}$	-10,49	-9,51	-6,49
$\Delta h_{max}$	9,85	9,52	4,83

Табл. 1. Эталонный участок 1

Показатели точности, м	Шаг сетки матрицы высот, м		
	10	20	50
$\bar{\Delta}_H$	-8,79	-8,14	-8,11
$RMSE_{\Delta H}$	9,48	8,70	8,54
$MAE_{\Delta H}$	8,84	8,18	8,12
$LE90_{\Delta H}$	12,95	11,83	11,08
$\Delta H_{min}$	-25,11	-21,04	-20,61
$\Delta H_{max}$	7,68	6,89	1,89
$\sigma_{\Delta H}$	3,54	3,06	2,68
$\theta_{\Delta H}$	2,68	2,35	2,10
$\Delta h_{min}$	-16,32	-12,90	-12,50
$\Delta h_{max}$	16,47	15,03	10,00

Табл. 2. Эталонный участок 2

Показатели точности, м	Шаг сетки матрицы высот, м		
	10	20	50
$\bar{\Delta}_H$	-8,47	-7,96	-8,05
$RMSE_{\Delta H}$	11,20	9,12	8,87
$MAE_{\Delta H}$	9,36	8,21	8,12
$LE90_{\Delta H}$	14,28	12,42	12,31
$\Delta H_{min}$	-50,30	-29,94	-19,05
$\Delta H_{max}$	73,61	13,93	2,93
$\sigma_{\Delta H}$	7,33	4,46	3,72
$\theta_{\Delta H}$	4,26	3,16	2,86
$\Delta h_{min}$	-41,83	-21,98	-11,00
$\Delta h_{max}$	82,08	21,89	10,98

Табл. 3. Эталонный участок 3

точности высот ЦМР во втором варианте, с использованием одной опорной наземной точки, в качестве которой была выбрана бетонная площадка размером 2x2 м, хорошо опознаваемая на снимках стереопары. Координаты и высота опорной точки определены из GPS-наблюдений.

Анализ результатов, приведенных в табл. 4–6, показывает, что использование только одной опорной точки при создании ЦМР практически полностью компенсирует систематическую ошибку высот ЦМР  $\Delta H_1$ , в то время как величина случайной составляющей ошибки высоты ЦМР  $\delta H$  остается на прежнем уровне. Зависимость ее от типа местности и шага сетки матрицы высот носит примерно такой же характер, как и в случае свободной ЦМР.

Показатели точности, м	Шаг сетки матрицы высот, м		
	10	20	50
$\bar{\Delta}_H$	-1,20	-1,26	-1,30
$RMSE_{\Delta H}$	2,85	2,69	2,49
$MAE_{\Delta H}$	2,20	2,09	1,91
$LE90_{\Delta H}$	4,77	4,60	4,06
$\Delta H_{min}$	-9,93	-8,65	-9,08
$\Delta H_{max}$	6,11	4,63	4,55
$\sigma_{\Delta H}$	2,59	2,37	2,13
$\theta_{\Delta H}$	2,06	1,88	1,67
$\Delta h_{min}$	-8,73	-7,39	-7,78
$\Delta h_{max}$	7,31	5,89	5,85

Табл. 4. Эталонный участок 1

Показатели точности, м	Шаг сетки матрицы высот, м		
	10	20	50
$\bar{\Delta}_H$	-0,26	-0,26	-0,28
$RMSE_{\Delta H}$	2,93	2,70	2,52
$MAE_{\Delta H}$	2,28	2,10	1,99
$LE90_{\Delta H}$	4,76	4,36	4,02
$\Delta H_{min}$	-11,95	-9,98	-11,29
$\Delta H_{max}$	10,72	11,03	9,99
$\sigma_{\Delta H}$	2,92	2,69	2,51
$\theta_{\Delta H}$	2,28	2,09	1,97
$\Delta h_{min}$	-11,69	-9,72	-11,01
$\Delta h_{max}$	10,98	11,29	10,27

Табл. 5. Эталонный участок 2

Показатели точности, м	Шаг сетки матрицы высот, м		
	10	20	50
$\bar{\Delta}_H$	0,18	0,25	0,46
$RMSE_{\Delta H}$	4,91	4,57	4,36
$MAE_{\Delta H}$	3,27	2,99	2,79
$LE90_{\Delta H}$	6,96	6,32	6,25
$\Delta H_{min}$	-23,34	-20,08	-17,69
$\Delta H_{max}$	38,19	38,60	32,09
$\sigma_{\Delta H}$	4,91	4,57	4,34
$\theta_{\Delta H}$	3,28	3,01	2,80
$\Delta h_{min}$	-23,52	-20,33	-18,15
$\Delta h_{max}$	38,01	38,35	31,63

Табл. 6. Эталонный участок 3

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При создании и обновлении высотной составляющей топографических карт и планов отметки высот в узлах сетки матрицы высот ЦМР можно рассматривать как «подписываемые отметки» для построения рельефа местности в виде горизонталей.

В соответствии с инструкцией [6] средние ошибки высот, подписываемых на топографических картах масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, относительно ближайших пунктов и точек геодезической основы для равнинных, пересеченных и холмистых с преобладанием уклона до 6 градусов местностей, не должны превышать величин: 1:25 000 — 1,6 м, 1:50 000 — 3,0 м, 1:100 000 — 7,0 м.

Полученные значения средних ошибок высот ( $MAE_{\Delta H}$ ) свободной ЦМР (табл. 1–3) вне зависимости от шага сетки матрицы высот и типа местности превышают допустимые значения 7 м даже для масштаба 1:100 000.

Полученное значение вероятной ошибки высоты во всех случаях также превышает заявленную поставщиком величину 10 м для ЦМР, созданных без наземных опорных точек.

Значения средних ошибок высот ( $MAE_{\Delta H}$ ) ЦМР с одной опорной точкой (табл. 4–6) для всех трех эталонных участков с шагом матрицы высот 20 и 50 м не превышают допустимого значения 3 м для масштаба 1:50 000.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о возможности использования снимков триплета КА серии TH-1 для создания по стереопаре forward-backward с использованием хотя бы одной опорной наземной точки в программном продукте ENVI цифровых моделей местности, удовлетворяющих требованиям к точности высот топографических карт масштаба 1:50 000.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворкин Б. А. Новейшие и перспективные спутники дистанционного зондирования Земли / Б. А. Дворкин, С. А. Дудкин // *Геоматика*. – 2013. – №2. – С. 16–39.
2. Оньков И. В. Исследования геометрической точности космического снимка со спутника TH-1 // *Геоматика*. – 2013. – №3 (20). – С. 22–24.
3. ГОСТ Р 51794–2008. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. – М.: Стандартинформ, – 2009. – 19 с.
4. <http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm96/egm96.html>
5. [http://www.sccc.msu.su/num\\_anal/lib\\_na/libnal.htm](http://www.sccc.msu.su/num_anal/lib_na/libnal.htm)
6. ГКИНП-05-029-84 – Основные положения по созданию и обновлению топографических карт масштабов 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000. – М.: Редакционно-издательский отдел ВТС, 1984. – 33 с.

**Л. С. Крамарева**

(Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 1985 г. окончила геофизический факультет Дальневосточного государственного университета. В настоящее время — директор Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета».

**И. С. Пустынский**

(Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 2008 г. окончил факультет математического моделирования и процессов управления Тихоокеанского государственного университета по специальности «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем». В настоящее время — ведущий программист Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета».

**Ю. С. Четырин**

(Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 2011 г. окончил факультет компьютерных и фундаментальных наук Тихоокеанского государственного университета по специальности «Прикладная математика и информатика». В настоящее время — ведущий программист Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета».

**А. А. Филей**

(Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 2011 г. окончил Институт информационных технологий Тихоокеанского государственного университета по специальности «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети». В настоящее время — ведущий программист Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета».

**А. О. Чудин**

(Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 2013 г. окончил факультет компьютерных и фундаментальных наук Тихоокеанского государственного университета. В настоящее время — ведущий программист Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета».

## Использование комплекса ENVI+IDL для разработки алгоритмов в области ДЗЗ в Дальневосточном центре ФГБУ «НИЦ «Планета»

Дальневосточный центр Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета» является ведущей организацией по приему, обработке и распространению спутниковой информации на Дальнем Востоке России.

Деятельность Дальневосточного центра направлена на обеспечение подразделений Росгидромета, министерств и ведомств Дальневосточного федерального округа оперативной тематической продукцией в интересах гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства,

мониторинга природной среды, контроля стихийных явлений и решения других сопутствующих задач.

Большие объемы, порядка 40 Гбайт в сутки, принимаемой спутниковой информации требуют оперативной обработки, поэтому приоритетным направлением развития Центра является создание автоматических и полуавтоматических методов обработки данных.

Основным инструментом в автоматизации процессов обработки является программный комплекс ENVI+IDL. Для решения задач, стоящих перед специалистами Центра, стандартных средств ENVI бывает недостаточ-

но, в связи с чем ведется активная работа по расширению возможностей ПК ENVI, реализуемая посредством создания дополнительных модулей обработки данных ДЗЗ на языке программирования IDL. На сегодняшний день в Центре создано более 20 дополнительных модулей.

Одним из важных направлений деятельности Центра является автоматизация процесса восстановления вертикальных профилей параметров атмосферы: температуры, влажности, высоты геопотенциала, направления и скорости ветра на основных изобарических поверхностях. На языке программирования IDL реализован модуль, позволяющий работать с данными ATOVs (инструмент КА серии NOAA и MetOp-B) и CrIS (инструмент КА Suomi NPP). Меню модуля предлагает выбор необходимых файлов с параметрами и настройкой отображения данных в различных форматах (изолинии, цветокодированные карты, числовые массивы). Кроме того, указанный модуль позволяет в режиме реального времени передавать восстановленные значения параметров атмосферы на рабочие места специалистов-синоптиков в виде телеграмм в коде KN-04 и в виде цифровых полей, которые возможно импортировать и визуализировать в ГИС-Метео, являющийся основным программным прогностическим комплексом. Таким образом, было реализовано увеличение количества сроков построения фактических аэрологических профилей параметров атмосферы на основных изобарических поверхностях, получение дополнительных данных над водной поверхностью как наименее охваченной результатами фактических наблюдений и как следствие — повышение качества составления прогнозов синоптических процессов локального масштаба.

Завершением большой работы в области мониторинга загрязнения атмосферы стало внедрение в оперативную работу Центра модуля расчета концентрации метана для

Дальневосточного региона по данным гиперспектрометров The Infrared Atmospheric Sounder Interferometer (IASI инструмент КА MetOp-B) с пространственным разрешением 12 км в надири, The Cross-track Infrared Sounder (CrIS инструмент КА Suomi NPP) с пространственным разрешением 15 км в надири и The Atmospheric Infrared Sounder (AIRS инструмент КА Aqua) с пространственным разрешением 14 км в надири. Алгоритм восстановления концентрации метана основывается на методе Флэтчера-Ривса, в котором смоделированный спектр приводится к реальному, полученному со спутниковых сенсоров посредством варьирования концентрации метана в уравнении теплопереноса. Помимо непосредственно расчета концентрации метана, модуль позволяет визуализировать восстановленные значения в виде цветокодированных карт.

На протяжении ряда лет в Центре проводится работа по получению информации о температуре водной поверхности акваторий морей Дальневосточного региона, которая на стадии внедрения проходила длительную верификацию на основе буйковых и судовых данных. Для повышения оперативности получения продукции и улучшения ее качества разработана серия модулей, которые автоматизировали построение карт с наложением маски облачности и льда. При этом графический интерфейс позволяет настраивать отображение по заданным регионам. Карты строятся на основе данных спутников Terra, Aqua, Suomi NPP, MTSAT, FengYun (рис. 1).

В течение полутора десятков лет ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета» осуществляет спутниковый мониторинг точек вероятного возгорания. Специалисты Центра разработали модуль, позволяющий выгружать из базы данных точки вероятного возгорания и генерировать карты на топографической основе.

Также в рамках обеспечения спутникового мониторинга лесных пожаров был разработан

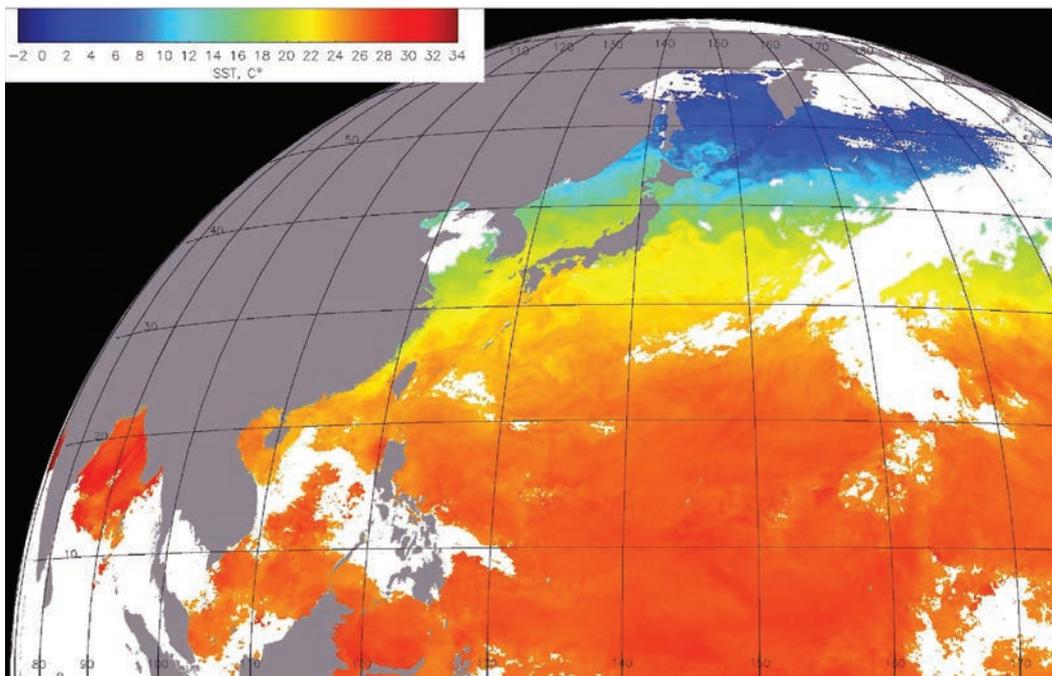


Рис. 1. Глобальная композитная карта температуры поверхности воды по данным КА «MTSAT-1R/2»

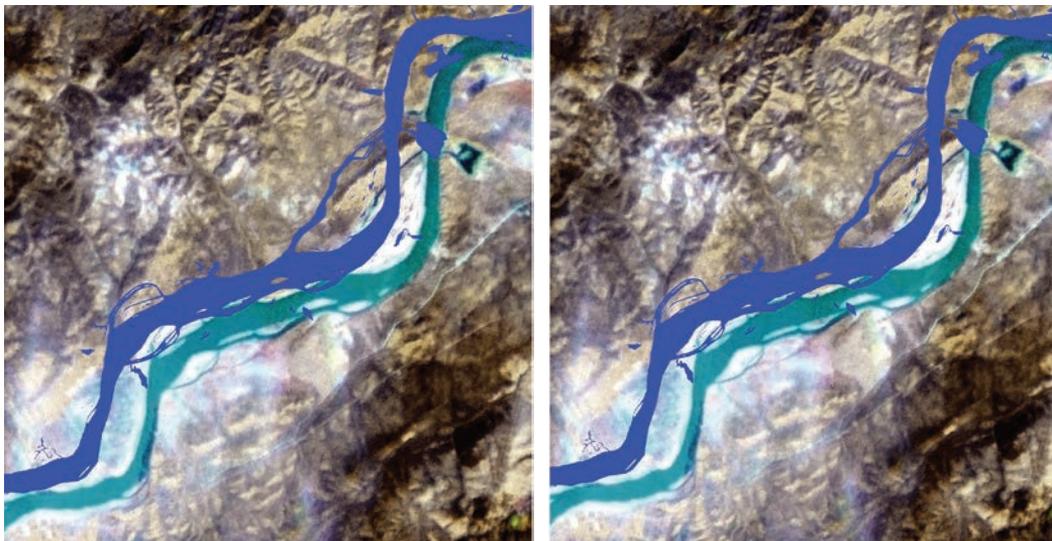


Рис. 2. Улучшение привязки данных с КА «Метеор-М» №1 по данным КА «Landsat-8». Снимок слева – исходное изображение после обработки стандартными средствами, справа – после обработки модулем улучшения привязки

модуль генерирования маски «горячих точек» по данным космического аппарата Suomi NPP.

В дополнение к стандартным операциям комплекса ENVI по обработке данных с КА высокого разрешения, а именно с КА «Метеор-М» №1 (прибор КМСС), «Нанопус-В» №1 и «Ресурс-П», разработан дополнительный модуль улучшения привязки данных (рис. 2) и добавлен новый алгоритм повышения пространственного разрешения мультиспектрального снимка по панхроматическому снимку высокого разрешения (pan-sharpenning).

Помимо коррекции привязки данных КА высокого разрешения, добавлен функционал по улучшению географической привязки с инструмента AVHRR (КА серии NOAA и MetOp). Модуль основывается на определении смещений опорных точек на двух изображениях путем минимизации расхождения между исходным снимком и эталонной маской вода/суша. В результате работы алгоритма выдается информация в тех форматах, которые поддерживаются другими программными комплексами Центра.

Создан модуль и для получения одного из видов гидрологической продукции — композитной карты границы снежного покрова, которая содержит информацию за установленный пользователем период (5, 8 и более суток). Карта строится в автоматическом режиме в программном модуле, который на всех поступающих пролетах с КА Aqua, Terra, Suomi NPP детектирует пиксели, относящиеся к снегу, при этом классифицирует устойчивый и неустойчивый снежный покров. Одновременно с этим подключается модуль для «маскирования» облачности, адаптированный к условиям Дальневосточного региона.

Во время катастрофического паводка на реке Амур и ее притоках в 2013 г. очень востребованной была информация о зонах подтопления и затопления пойм рек. В список используемых ранее инструментов программного комплекса ENVI+IDL были

добавлены несколько дополнительных модулей, которые повысили скорость обработки данных: модуль автоматической коррекции привязки изображения по эталонному, в котором осуществлена возможность привязки данных различного пространственного разрешения и качества; модуль автоматического детектирования русел рек, в том числе покрытых льдом, что необходимо для дальнейшей классификации льда при вскрытии рек.

В базовой комплектации ENVI перевод растровых данных в shape-файлы предусмотрен в ручном режиме, что неудобно в условиях больших объемов поступающей спутниковой информации и поддержания необходимой оперативности обработки. В связи с этим был разработан модуль, позволяющий автоматизировать перевод информации в векторные файлы. Для реализации данного модуля был решен ряд дополнительных задач: детектирование границ объектов в 1 пиксель, составление списка связанных объектов на изображении, составление упорядоченного списка вершин объектов.

В Дальневосточном центре реализован также ряд модулей, ориентированных на работу с геостационарными КА, такими, как MTSAT-1R/2, FengYun-2E. Посредством этих модулей уточняется привязка, строятся карты температуры поверхности океана, цветосинтезированные изображения облачности и ледовой обстановки морей.

Таким образом, реализованные Центром модули позволяют работать с огромным количеством форматов данных, используемых для получения выходной продукции разных уровней, увеличить ассортимент продукции, улучшить ее качество, существенно сократить сроки обработки, что немаловажно для оперативного обеспечения пользователей.

В дальнейшем Дальневосточный центр планирует реализацию многих других проектов, в том числе основывающихся на геоинформационных технологиях.

**В. О. Скрипачев** (МГТУ МИРЭА)

В 2003 г. окончил МИИГАиК по специальности «оптико-электронные приборы и системы», в 2012 г. — Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова по специальности «разработчик компьютерных технологий». В настоящее время — старший преподаватель МГТУ МИРЭА.

**А. П. Пирхавка** (МГТУ МИРЭА)

В 1983 г. окончил Московский институт радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА), факультет «радиотехнические системы», по специальности «радиотехника». В настоящее время — доцент МГТУ МИРЭА.

## Формат данных DICOM и возможности его обработки средствами IDL

Современное медицинское оборудование позволяет выполнять обследование человека с использованием различных методик диагностики. Качественный рост методов диагностики и разработка соответствующих медицинских приборов привели к необходимости разработки специального формата данных, который поддерживался бы различными разработчиками аппаратуры и программного обеспечения, что позволило бы выполнять комплексные обследования пациентов. При этом спектр разрабатываемой аппаратуры достаточно широк, и значительная ее часть позволяет получить двумерные или трехмерные изображения исследуемых органов. Зачастую трехмерные изображения основываются на дискретных срезах (двумерных изображениях), соответственно необходимы современные информационные технологии для обработки, визуализации и организации хранения медицинских данных [1].

Для решения указанной выше проблемы разработан стандарт данных Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM),

позволяющий обрабатывать и хранить как одиночные изображения, так и их объединения. Кроме того, формат DICOM обеспечивает связь между медицинскими устройствами. Стандарт DICOM разработан Американским колледжем радиологии (ACR) и Национальной ассоциацией производителей электрооборудования (NEMA). Со стандартом можно ознакомиться на официальном сайте NEMA: <http://medical.nema.org/dicom>

Таким образом, DICOM поддерживает большинство систем PACS (Picture Archiving and Communications), инфраструктуру хранения данных, получения, визуализации и печати изображений.

Набор данных формата DICOM является стандартизированным множеством, при этом все одиночные изображения находятся на одном уровне файловой системы в хаотичном порядке. Определенный порядок в файлы изображений вносят метаданные, которые сохраняются в одном файле DICOMDIR. Файл DICOMDIR формирует файлы изображений по иерархической структуре (рис. 1).



Рис. 1. Иерархическая структура формирования файлов изображений в файле DICOMDIR



Непосредственно для работы с файлами изображений DICOM существует два класса: IDLffDicom и IDLffDicomEx.

Базовая функциональность обеспечивается с помощью класса IDLffDicom. Методы класса обеспечивают доступ к элементам файла DICOM — тегам. Большинство методов класса требует обязательного наличия аргумента — какого-либо тега DICOM.

Класс IDLffDicomEx предоставляет более широкий набор методов для работы с данными, чем IDLffDicom.

Отметим, что использование DICOM Network Services требует дополнительной лицензии, в которую будет входить лицензия на использование IDLffDicomEx. В табл. 1 приведена доступность существующих функциональных возможностей для различных архитектур процессоров.

Для работы с данными DICOM без использования классов IDLffDicom и IDLffDicomEx в IDL существуют процедуры чтения данных READ\_DICOM и QUERY\_DICOM.

Функция READ\_DICOM считывает данные из файла DICOM с учетом используемой таблицы перекодировки (LUT). При этом данные сохраняются в двумерном или трехмерном массиве. Трехмерный массив представляют собой изображения TrueColor формата BIP (Band Interleave Pixel).

Дальнейшая обработка данных выполняется штатными возможностями IDL. В обработке и визуализации медицинских данных следует выделить такие области цифровой обработки изображений:

- улучшение изображения;
- обнаружение границ изображения;
- сегментация;
- пространственное преобразование.

Один из способов улучшения изображения заключается в повышении контрастности. При использовании компьютерной томографии контрастность изображений томографических срезов определяется непосредственно коэффициентами ослабления соседних объемных элементов. Контрастность в компьютерной томографии определяется локально разностью коэффициентов ослабления соседних тканей, при этом остальные структуры не влияют или почти не влияют на регистрируемое значение интенсивности. Такой подход позволяет получить достаточно контрастное изображение тканей и структур, весьма незначительно различающихся по составу или плотности. Данный подход используется не только в компьютерной томографии, но и в других методах послышной визуализации.

Для демонстрации возможностей IDL использовались два тестовых изображения, приведенные на рис. 4, на которых не видны некоторые малококонтрастные детали. Для улучшения контраста изображений используется логарифмическое преобразование, результат которого приведен на рис. 5.

Для выделения границ используются различные дифференциальные операторы, например, оператор Собела [2, 3]. Данный оператор непосредственно вычисляет значения компонента вектора-градиента

Функциональная возможность	Windows		OS X	Linux	Solaris	
	Intel 32-битная	Intel 64-битная	Intel 64-битная	Intel 64-битная	SPARC 64-битная	Intel 64-битная
DICOM Network Services	+	+				
IDLffDicomEx	+	+			+	
IDLffDicom	+	+	+	+	+	

Табл. 1. Доступность существующих функциональных возможностей для различных архитектур

для каждой точки изображения путем свертки локальной окрестности точки с малоразмерными масками. В IDL оператор Собела реализован функцией SOBEL, возвращающей аппроксимированное изображение с выделенными границами. Функция рассчитывает значения как:

$$G_{jk} = |G_x| + |G_y|$$

$$G_x = F_{j+1,k+1} + 2F_{j+1,k} + F_{j+1,k-1} - (F_{j-1,k+1} + 2F_{j-1,k} + F_{j-1,k-1})$$

$$G_y = F_{j-1,k-1} + 2F_{j,k-1} + F_{j+1,k-1} - (F_{j-1,k+1} + 2F_{j,k+1} + F_{j+1,k+1})$$

где  $j, k$  — координаты каждого пикселя изображения.

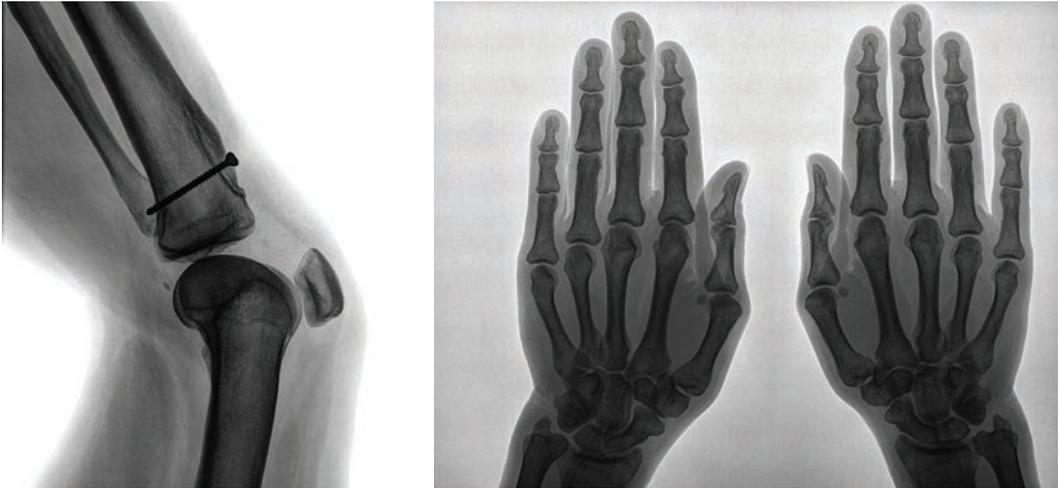


Рис. 4. Примеры исходных изображений формата DICOM



Рис. 5. Изображения с улучшенным контрастом

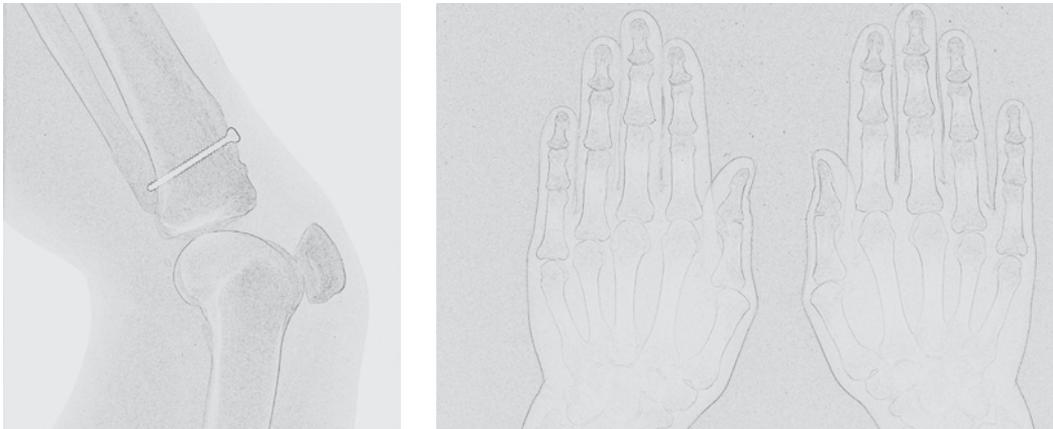


Рис. 6. Инвертированные изображения с выделенными границами по Собелу

Данные преобразования равносильны использованию соответствующих масок  $x_m, y_m$ :

$$x_m = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad y_m = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

На рис. 6 приведены примеры изображений, полученных с применением оператора Собела.

Помимо обработки изображений, для решения задач здравоохранения представляется полезным использование IDL в ходе выполнения статистических исследований. Известно, что многие статистические показатели, такие, как тест Стьюдента, корреляционный анализ, дисперсионный анализ и регрессионный анализ, широко применяются в медицине [4]. IDL предоставляет возможности для получения статистических оценок, при этом возможности статистических исследований существенно расширяются в случае применения дополнительного модуля Advanced Math and Stats.

Таким образом, IDL обладает широкими возможностями для работы с изображениями формата DICOM. С учетом дополнительных возможностей, предоставляемых DICOM

Network Services, возможна организация и поддержка сетевой инфраструктуры медицинского учреждения, что позволяет ускорить комплексную диагностику пациентов.

Авторы благодарят компанию «Совзонд» за предоставленную возможность тестирования программного обеспечения IDL и модуля DICOM Network Services.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилли А. Календер. Компьютерная томография. Основы, техника, качество изображений и области клинического использования. – М.: Техносфера. – 2006. – 344 с.
2. Вильзитер Ю. В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: Курс лекций и практических занятий / Ю. В. Вильзитер, С. Ю. Желтов, А. В. Бондаренко, М. В. Осоков, А. В. Моржин // – М.: Физматкнига. – 2010. – 672 с.
3. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Д. Стокман // – М.: Бином. Лаборатория знаний. – 2006. – 752 с.
4. Теория статистики: Учеб. / Под ред. проф. Р. А. Шмойловой. – 3-е изд., перераб. – М.: Финансы и статистика. – 2000. – 560 с.

# Спутниковые данные помогают в борьбе с лихорадкой Эбола\*

Компания Airbus Defence & Space в качестве гуманитарной поддержки предоставила картографам космические снимки со спутников Pleiades на ряд районов Западной Африки, пораженных вирусом Эбола.

Вспышка геморрагической лихорадки Эбола продолжается в Западной Африке с 9 февраля 2014 г. Швейцарские врачи из международной организации «Врачи без границ» обратились за помощью к своему партнеру — неправительственной организации CartONG, оказывающей гуманитарную помощь в области картографии, чтобы та, в свою очередь, предоставила космические снимки трех городов в Гвинее: Гекеду, Масента и Кисидугу. По мнению медиков, эти снимки смогут помочь проследить распространение вируса, чтобы организовать эффективную борьбу с ним: волонтеры организации ведут профилактическую и просветительскую работу, а также обеспечивают население защитной одеждой.

CartONG приобрел три снимка со спутников Pleiades, полученные 26 марта. Некоммерческая организация HOT (Humanitarian OpenStreetMap Team) обратилась к картографам-добровольцам с просьбой собирать и предоставлять данные о распространении вируса и выявленных очагах заражения. В общей сложности 244 человека приняли участие в этом совместном проекте. Около миллиона объектов было нанесено на онлайн-карту OpenStreetMap в течение пяти дней. Карта города Гекеду (рис.) была размещена на веб-сайте ReliefWeb Управления Организации Объединенных Наций по координации гуманитарных усилий (ООНА).



Рис. Фрагмент веб-карты OpenStreetMap, г. Гекеду

Почувствовав важность создания карт зоны распространения эпидемии, специалисты компании Airbus Defence & Space постарались сделать все возможное для поддержки гуманитарных операций. Волонтеры должны точно знать местоположение дорог и жилищ, чтобы добраться до деревень, расположенных вблизи гвинейских городов. Случаи лихорадки Эбола были также зафиксированы в столице Гвинеи — городе Конакри и в соседней Либерии.

Снимки района Фойя в Либерии, сделанные спутниками Pleiades, были предоставлены бесплатно. В этой зоне Всемирная организация здравоохранения и международная организация «Врачи без границ» организуют карантинный центр. Добровольцы HOT совместными усилиями обновили онлайн-карту.

Спутники Airbus Defence & Space и сообщество картографов объединили свои усилия и совместно создали карты, помогающие в борьбе со смертельно опасным вирусом Эбола.

\* Статья предоставлена компанией Airbus Defence (автор М. Паскаль). Перевод с английского языка — И. Бобрш (компания «Совзонд»)

**А. А. Глотов** (Компания «Совзонд»)

В 2009 г. окончил Воронежский государственный университет по специальности «география». В настоящее время — ведущий ГИС-специалист компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

# Применение геоинформационных технологий для формирования систем поддержки принятия решений в области здравоохранения

Процесс информатизации здравоохранения ставит в качестве одной из важнейших задач оперативный анализ и интерпретацию статистической информации, собираемой медицинскими информационными системами (МИС), с целью повышения качества управленческих решений. Создание высокоэффективных инструментов для решения подобных задач применительно к территориально распределенным системам возможно с использованием информационно-аналитических систем, разрабатываемых на стыке двух направлений — геоинформационных систем (ГИС) и систем поддержки принятия решений (СППР).

Использование геоинформационных технологий в отрасли здравоохранения позволяет решать следующие задачи органов исполнительной власти:

- повышение эффективности при осуществлении полномочий в сфере охраны здоровья;
- повышение эффективности использования государственного и муниципального имущества;
- оптимизация зон обслуживания объектов медицинской инфраструктуры;
- автоматизированная поддержка процессов реагирования службы скорой медицинской помощи;

- снижение административных барьеров в деятельности по управлению развитием территории;

- повышение информационной открытости и прозрачности деятельности органов государственной власти;

- повышение качества и эффективности решения управленческих задач за счет доступа к достоверной и полной информации.

Информационное наполнение ГИС формируется за счет интеграции с территориальными центрами обработки данных (ЦОД) или локальными базами данных медицинских информационных систем (МИС), составляющих информационную инфраструктуру здравоохранения определенной территории, с одной стороны, и базой пространственных данных, содержащей информацию об административно-территориальном делении и пространственной привязке объектов медицинской инфраструктуры, — с другой.

Общий подход к формированию СППР представлен на рис. 1, при этом ГИС имеет классическую клиент-серверную архитектуру, которая включает 4 функциональные подсистемы:

- сбора информации и обмена ею;
- хранения данных;



Рис. 1. Общий подход к формированию системы поддержки принятия решений с использованием геоинформационных технологий

- анализа и поддержки принятия решений;
- визуализации информации.

**Подсистема сбора информации и обмена ею** включает источники и протоколы передачи информации между ЦОД, объектами существующей информационной инфраструктуры и лечебно-профилактическими учреждениями (ЛПУ) на основе стандартных форматов данных.

**Подсистема хранения данных** представлена объектно-реляционной базой данных с поддержкой пространственного описания сущностей. Предметная модель данных включает информацию о здоровье населения, объектах медицинской инфраструктуры и др.

**Подсистема анализа и поддержки принятия решений** реализуется в виде системы функций, позволяющих в режиме реального времени выполнять анализ данных, осуществлять прогнозирование и моделировать различные сценарии развития ситуации в сфере охраны здоровья.

**Подсистема визуализации информации** включает картографическое веб-приложение, а также аналитическую панель поддержки принятия решений.

В зависимости от административного

уровня управления выделяются три масштабных уровня медицинской ГИС: федеральный, региональный, муниципальный.

Каждый иерархический уровень характеризуется степенью детализации информации и набором решаемых задач.

**Федеральный уровень** предназначен для стратегического анализа географических факторов здоровья населения, выявления динамики показателей заболеваемости и оценки эффективности выполнения федеральных программ на уровне субъектов Федерации и федеральных округов.

**Региональный уровень** (рис. 2) решает задачи анализа и визуализации в графическом виде информации о здоровье населения, объектах инфраструктуры в разрезе муниципальных районов с агрегацией информации на уровне субъекта Федерации.

**Муниципальный уровень** (рис. 3) включает анализ и визуализацию в графическом виде информации о здоровье населения и объектах инфраструктуры на уровне сельских и городских поселений, а также врачебных участков.

Функциональность медицинской ГИС организована в модули:

- анализа здоровья населения;

- управления медицинской инфраструктурой;
- диспетчеризации скорой медицинской помощи;
- космического мониторинга;
- многомерного анализа данных и поддержки принятия решений.

**Модуль анализа здоровья населения** решает задачи на основе данных медицинской статистики. Картографическая и графическая визуализация информации по различным типам заболеваемости позволяет оценить здоровье населения в целом и его различия по административно-территориальным единицам, выявить основные причины и проблемные вопросы.

**Модуль управления медицинской инфраструктурой** включает следующие задачи:

- пространственный анализ размещения поликлиник, больничных стационаров, пунктов скорой медицинской помощи (СМП);
- оценка количества пациентов, которые могут одновременно быть размещены в стационарах, и сопоставление данного показателя со значениями заболеваемости по различным

категориям болезней в различные временные периоды;

- оптимизация зон обслуживания СМП;
- оценка степени укомплектованности лечащим персоналом;
- оперативный анализ и оценка степени загруженности поликлиник и больничных стационаров;
- географический анализ распределения медицинского персонала и выявление потребности конкретных муниципальных образований и учреждений здравоохранения в узкоспециализированных врачах; интеграция подобной информации с данными о высшем медицинском образовании позволяет эффективно формировать и распределять целевые учебные места, создавать социально-экономические программы по привлечению молодых специалистов в регионы.

**Модуль диспетчеризации скорой медицинской помощи** предназначен для оптимизации процесса оказания СМП. Целесообразно использовать на региональном и муниципальном уровнях системы.

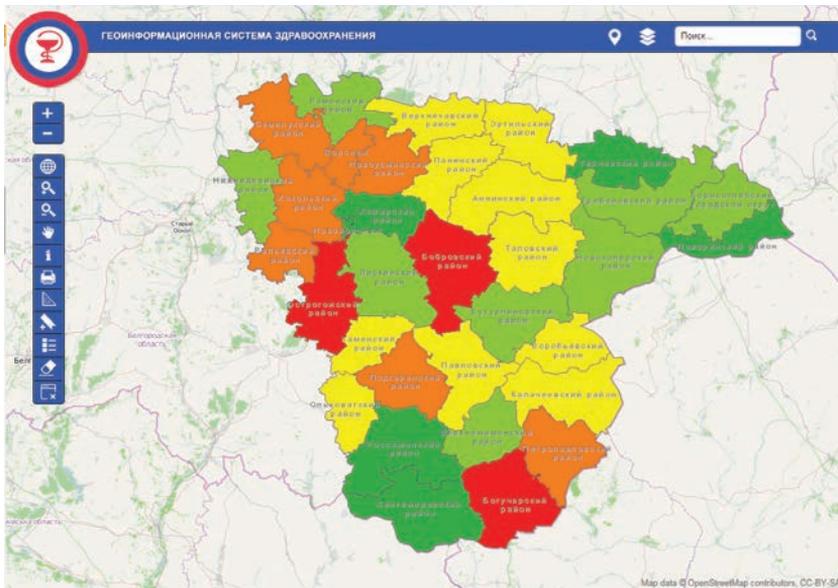


Рис. 2. Региональный уровень предоставления пространственной информации о здоровье населения

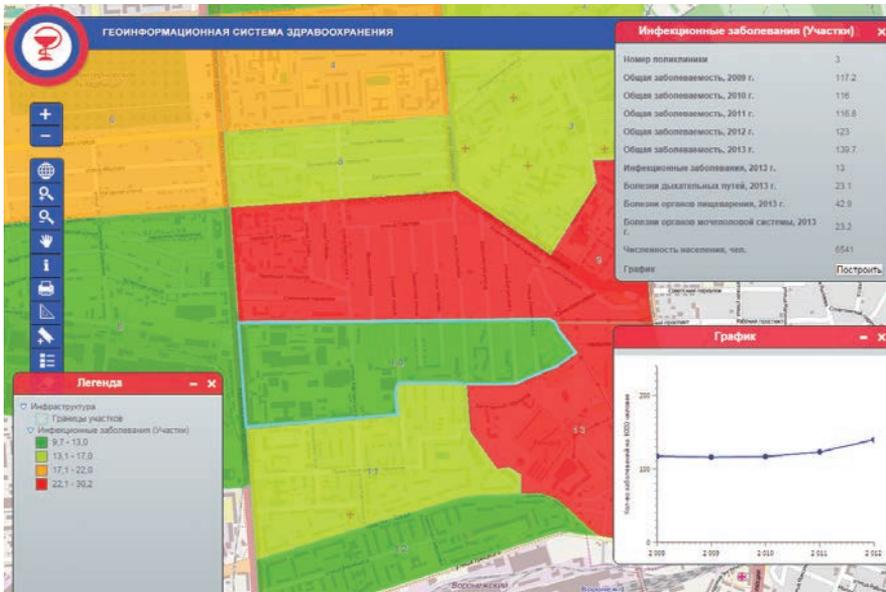


Рис. 3. Муниципальный уровень предоставления пространственной информации о здоровье населения

**Модуль космического мониторинга** применяется для следующих задач:

- оперативная поставка космических снимков в случае возникновения чрезвычайных ситуаций для планирования размещения сил по оказанию экстренной медицинской помощи;
- использование космической съемки для задач ландшафтно-экологического моделирования территорий потенциального распространения возбудителей зоонозных инфекций;
- мониторинг строительства особо важных объектов медицинской инфраструктуры (рис. 4).

**Модуль многомерного анализа данных и поддержки принятия решений.** Одной из тенденций развития геоинформатики при решении задач управления территориально распределенными системами является сближение ГИС с системами поддержки принятия решений (Decision Support Systems), технологиями интеллектуального (Data Mining) и многомерного (OLAP) анализа данных.

При этом формируется специализированная категория информационно-аналитических систем — геоинформационная система поддержки принятия решений (Spatial Decision Support System). В рамках рассматриваемой архитектуры медицинской ГИС вышеперечисленные задачи решает модуль многомерного анализа данных и поддержки принятия решений.

Центральным звеном модуля выступает подсистема моделирования, которая предназначена для решения задач машинного обучения, генерации прогностических моделей и оценки возможных вариантов управленческих решений на основе потоков данных медицинской геостатистической информации. В рамках модуля в зависимости от категории решаемых задач выделяется несколько классов моделей:

- пространственно-временного прогнозирования;
- интеллектуальной классификации объектов и ситуаций;

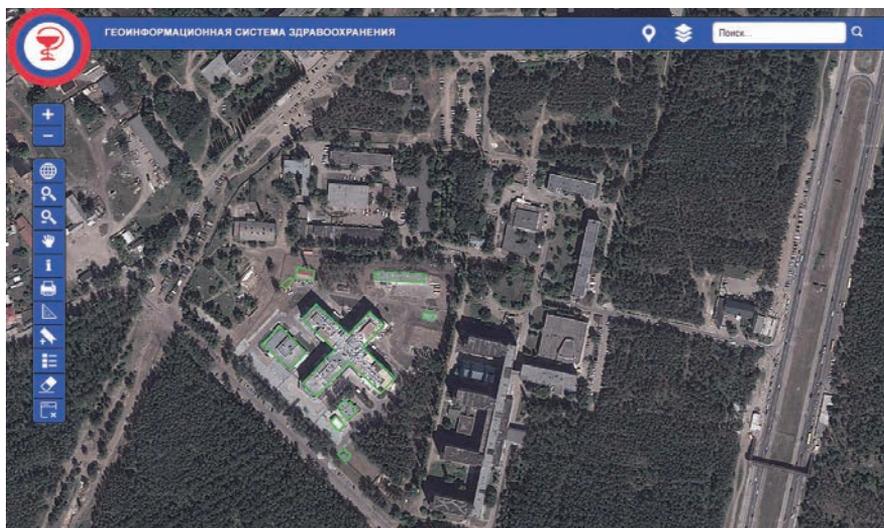


Рис. 4. Космический мониторинг строительства перинатального центра в г. Воронеж

- выявления кластеров;
- принятия решений.

**Модели для задач пространственно-временного прогнозирования** могут быть двух типов: заранее predeterminedенные (экспертом) и формируемые в процессе машинного обучения на основе потоков данных. Основным предназначением данной категории моделей является поиск корреляционных зависимостей между различными переменными и прогноз заболеваемости на заданный период времени с учетом пространственных факторов по различным категориям болезней.

**Модели классификации** используются для отнесения объектов или ситуаций к заранее predeterminedенным категориям. Применительно к объектам это может быть задача выявления административно-территориальных единиц с показателями заболеваемости выше или ниже порога, применительно к ситуациям — выявление различных степеней эпидемиологической опасности.

**Модели выявления кластеров** используются для выявления сходных групп объектов.

**Модели принятия решений** предназначены для оценки наиболее оптимальных вариантов принятия решений и их возможных сценариев последствий по принципу «что, если».

В заключение хотелось бы отметить, что использование геоинформационных технологий в комплексе с OLAP, Data Mining и системами поддержки принятия решений позволяет в значительной мере повысить эффективность анализа данных, поиска скрытых связей и прогнозирования применительно к пространственным системам. В области здравоохранения эффективность внедрения подобных систем выражается в получении более достоверной картины в области здоровья населения, оценке различных вариантов управленческих решений и их последствий с возможностью выбора наиболее оптимального. В быстроизменяющихся условиях и множестве потоков данных наличие подобной системы является немаловажным фактором стратегического анализа в отрасли и оперативного принятия квалифицированных управленческих решений.

**С. А. Куролап**

(Воронежский государственный университет)

В 1980 г. окончил географический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова по специальности «география». В настоящее время — заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета. Доктор географических наук, профессор. Кандидат географических наук.

**П. М. Виноградов**

(Воронежский государственный университет)

В 2012 г. окончил географический факультет Удмуртского государственного университета по специальности «геодезия и геоинформатика». В настоящее время — аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

**О. В. Клепиков** (Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области)

В 1989 г. окончил технологический факультет Воронежской государственной технологической академии по специальности «охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». В настоящее время — заведующий отделением информационных технологий Центра гигиены и эпидемиологии Воронежской области. Доктор биологических наук, профессор.

## Геоинформационно-аналитический комплекс для обеспечения медико-экологического мониторинга Воронежа

Современные крупные города — центры острейших экологических проблем, а техногенное загрязнение городской среды является объектом постоянного мониторинга региональных природоохранных ведомств. Эффективная организация городских систем медико-экологического мониторинга (мониторинга воздействия вредных факторов среды обитания на здоровье население) возможна лишь на базе современных геоинформационных технологий, предоставляющих достаточный набор инструментов для сбора и анализа информации, составления прогнозов и принятия на их основе управленческих решений для минимизации экологического риска [1].

Целью данной работы является создание специализированного геоинформационно-аналитического комплекса для обеспечения

задач медико-экологического мониторинга и оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих городскую среду. В качестве модельного города выбран крупнейший промышленный центр Черноземья — город Воронеж с населением более 1 млн человек.

Разработка комплекса «МЕД-ЭКО ГИС» г. Воронежа осуществляется в программной среде ГИС MapInfo Professional. В качестве картографической основы использована топографическая карта г. Воронежа масштаба 1:20 000. Карта привязана к местной системе координат Воронежской области (МСК-36). Все объекты карты разбиты на семь основных тематических слоев:

- растительность (внутригородские и пригородные зеленые массивы, парки, скверы,

формирующие «зеленый каркас» городской агломерации);

- гидрография (основными объектами этого слоя являются Воронежское водохранилище, постоянные и временные водотоки);

- жилые кварталы города (кварталы жилой городской застройки), разбитые на 3 функциональные зоны:

- центральная историческая часть города, включая общественно-деловую застройку и «старую» 5-этажную застройку 1950–1970-х гг.;

- кварталы с современной многоэтажной застройкой;

- частный сектор: преимущественно одноэтажная и коттеджная жилая застройка;

- промышленные зоны (площади, занятые промышленными предприятиями, и территории санитарно-защитных зон);

- кварталы населенных пунктов, присоединенных к Воронежу в 2010 г. (села Никольское, Подгорное, Репное);

- основные автомагистрали (наиболее крупные и загруженные транспортом улицы Воронежа);

- прочие транспортные коммуникации (железные дороги и мосты, выделенные в отдельный слой).

Созданная картографическая основа является полноценной цифровой картой и позволяет осуществлять привязку к ней любой тематической информации (рис. 1).

Важнейшим этапом в создании системы экологического мониторинга является сбор медико-экологической информации и формирование тематических баз данных (БД).

БД представляют собой совокупность данных различного типа: стабильных и динамических. К стабильным относятся данные по источникам техногенного риска. Динамические включают в себя данные о состоянии окружающей среды (качество воздушного бассейна, загрязнение почвенного покрова, биоиндикационные проявления) и данные о состоянии общественного

здоровья (реальная и потенциальная, прогнозируемая заболеваемость населения).



Рис. 1. Цифровая карта Воронежа

БД по техногенному загрязнению воздушно-го бассейна состоит из двух частей: данные по концентрации загрязняющих веществ в атмосфере и в снежном покрове. Основным источником информации для исследований служили фондовые данные региональной системы социально-гигиенического мониторинга. База данных «Уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Воронежа» сформирована по данным мониторинга, который осуществлялся аккредитованным испытательным лабораторным центром (АИЛЦ) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Воронежской области» и Воронежским ЦГМС — филиалом ФГБУ «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

БД по приоритетным загрязнителям (оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, пыль, фенол, сажа, формальдегид и некоторые другие ингредиенты) формировалась в электронной таблице Microsoft Excel, затем привязывалась к картооснове. БД по загрязнению снежного покрова создана по результатам химического анализа, проведенного в зимние периоды с 2012 по 2014 г. на базе учебно-научной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета. В ходе первого анализа (февраль 2013 г.) был произведен отбор 27 проб снега, условно распределенных по пяти функциональным зонам города с разной степенью техногенного воздействия. В феврале 2014 г. был произведен отбор 48 проб — почти в два раза больше. Информация по второй части БД также привязана к картооснове путем геокодирования химического анализа снежного покрова.

База по источникам техногенного воздействия, как и БД по техногенному загрязнению воздушного бассейна, состоит из двух подразделов: данные по промышленным объектам и по автотранспорту. Подраздел, включающий данные по промышленным объектам, создан на основе кадастра основных промышленных предприятий Воронежа (данные Управления Росприроднадзора по Воронежской области), содержит полные названия предприятий, их адреса, класс вредности, валовой выброс загрязняющих веществ в атмосферу и процент от общего выброса. Тематическая информация этого подраздела БД привязана к пространственно-координированным графическим объектам соответствующего слоя цифровой картоосновы. Второй подраздел содержит информацию по улично-дорожной сети города. Сюда входит перечень основных, наиболее крупных улиц с указанием средней интенсивности движения автотранспорта (количество автомобилей в час), выбросов загрязняющих веществ и категории, к которой

относится улица. Категории присвоены улицам в зависимости от интенсивности движения автотранспорта, средней скорости потока, количества полос движения и длины дороги. Выбросы загрязняющих веществ рассчитаны с учетом категории и района расположения улицы [3].

Стандартный функционал ГИС MapInfo Professional предоставляет возможность производить анализ имеющейся информации на основе ее графического представления. Наглядно показать это могут, например, тематические карты минерализации снеговых вод, построенные по БД техногенного загрязнения снежного покрова.

Карты представляют собой интерполированную поверхность, созданную разными методами, с построенными изолиниями (при помощи приложения «Поверхность»). В ГИС MapInfo используются два метода интерполяции: метод обратных взвешенных расстояний (Inverse Distance Weighting — IDW) и нерегулярной сети треугольников (Triangulated Irregular Network — TIN). По опыту построения подобных тематических поверхностей можно сделать вывод, что для карт, основывающихся на данных по точкам, независимым и не влияющим друг на друга (какими являются данные загрязнения снежного покрова), к тому же находящимся на значительном удалении друг от друга, более приемлемым оказался метод IDW (рис. 2). Стоит отметить, что есть возможность получения информации из любого места уже готовой поверхности, что весьма удобно при отсутствии достаточно густой сети точек.

Помимо построения поверхностей, MapInfo располагает богатым набором других инструментов для анализа информации БД. К ним следует отнести средства, позволяющие сортировать данные, производить выборку по заданному условию (создание SQL-запросов). Задание SQL-запросов находит применение при решении совершенно разных вопросов, в частности, этот инструмент будет полезен при необходимости выявления

промышленных объектов, выброс загрязняющих веществ в атмосферу которых выше определенных установленных пределов. Вся тематическая информация, присвоенная графическим объектам в слоях, созданных в MapInfo, представляется в виде таблиц. Отсюда и второе наименование слоев — таблицы. При этом, производя выборку определенных строк в таблице, можно видеть и сами объекты на карте, которым соответствуют эти строки. Также можно просмотреть информацию об интересующих объектах, воспользовавшись инструментом «Информация». В том случае, если нужно вычислить статистические величины (средние и суммарные показатели) по нескольким объектам, активируем окно «Статистика». Основное преимущество этой

функции состоит в том, что окно остается активным даже тогда, когда мы работаем с картой, что позволяет выбирать объекты в произвольном порядке, снимать выделение с одних объектов, выбирать другие и постоянно получать статистические показатели по этой выборке. Существует возможность расчета интегральных показателей с внесением рассчитанных величин в таблицу. За эту функцию отвечает инструмент «Обновить колонку». Примером его использования может служить расчет индекса загрязнения атмосферного воздуха. Также важной функцией является построение буферных зон (например, санитарно-защитных зон промышленных предприятий).

Описанные штатные инструменты и функции, хотя это лишь небольшая часть всего набора средств ГИС MapInfo, предоставляют богатый выбор возможностей для анализа БД. Но даже использование всего арсенала инструментов ГИС может оказаться недостаточным ввиду отсутствия определенных функций, необходимых в данной ситуации, либо алгоритм решения некоторых задач предполагает большой объем однотипных операций, производимых вручную. В этом случае приходится прибегать к применению языков программирования. В среде MapInfo таким инструментом является MapBasic.

В процессе работ по созданию цифровой картографической основы возник вопрос о неудобстве постоянного переключения между инструментами «Сдвиг» и «Выбор» путем нажатия на соответствующие кнопки на панели инструментов. При оцифровке растрового изображения часто необходимо перемещаться по карте и выбирать определенные объекты. За выполнение этих функций отвечают данные инструменты. Во многих программах (Toruscad, EasyTrace) это неудобство устранено путем задания этим командам «горячих клавиш». В нашем случае было решено пойти тем же путем.

В пункт горизонтального меню «Правка» были добавлены соответствующие команды,

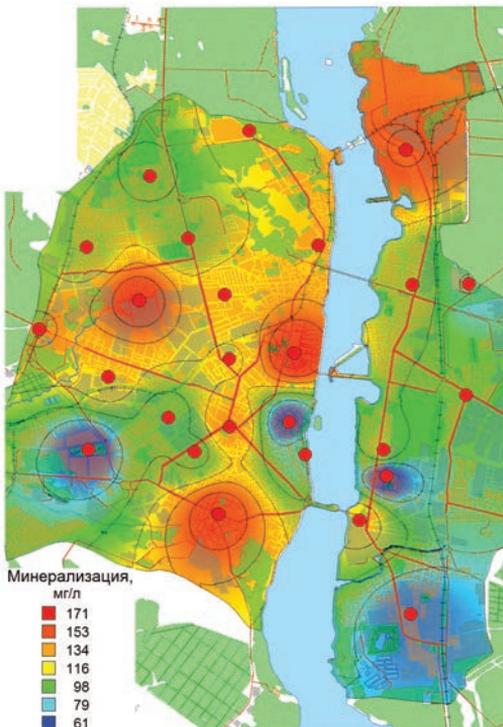


Рис. 2. Карта минерализации снеговых вод, построенная методом IDW-интерполяции

позволяющие переключать инструменты «Сдвиг» и «Выбор» нажатием специальных клавиш на клавиатуре компьютера. Вторым примером применения MapBasic служит создание БД по оценке риска для здоровья населения, связанного с химическим загрязнением атмосферного воздуха. На основе информации БД по техногенному загрязнению воздушного бассейна средствами ГИС MapInfo Professional была произведена оценка потенциальной заболеваемости, предполагающая расчет показателей канцерогенного и неканцерогенного рисков для здоровья жителей г. Воронежа. Алгоритмы оценки риска выбраны в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920 – 04) [2]. Однако данная оценка предполагала совершение большого объема операций, что значительно увеличивало временные затраты на постоянное обновление и дополнение информации, особенно с учетом того факта, что БД должна всегда находиться в актуальном состоянии. Возникла необходимость автоматизации процесса. Для этой цели был разработан модуль, позволяющий производить расчет количественной оценки риска для здоровья населения. Данный модуль представляет собой приложение, при запуске которого в горизонтальном меню «MapInfo» добавляется пункт «Риск» справа от меню «Справка», и включает в себя три команды: «Создать таблицу Risks\_MB», «Расчет экологического риска», а также команду «Выход», завершающую работу программы.

Первая команда данного меню дает возможность создать новый слой в проекции данной карты. Слой включает в себя несколько графических объектов, расположение которых совпадает с местоположением постов наблюдения ЦГМС на карте. Команда «Расчет экологического риска» вызывает одноименное диалоговое окно, включающее в себя несколько выпадающих списков. В окне

предлагается последовательно выбрать БД, на основе которой будет вестись расчет, и вид расчетного риска — канцерогенного или неканцерогенного (рис. 3). Разработанный модуль сводит к минимуму механический ручной труд, а также вероятность совершения ошибок при расчетах.

Характеристика неканцерогенного риска проводилась с двух позиций: острого и хронического воздействия. Для характеристики неканцерогенного риска от воздействия на организм химических веществ использован коэффициент опасности (HQ), который рассчитывается как отношение фактической концентрации вредного вещества ( $C_i$ ) к референтной (безопасной) концентрации ( $RfC_i$ ). Величина  $HQ > 1$  говорит о вероятности возникновения вредных токсических эффектов в организме.

С учетом однонаправленности воздействия веществ на органы и системы человеческого организма рассчитывался индекс опасности (HI) по формуле

$$HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n$$

где  $n$  — число веществ однонаправленного воздействия.

Риск острого воздействия оценивался по максимальным значениям разовых концентраций. Риск хронического воздействия оценивался по среднему арифметическому значению максимальных разовых концентраций.

Канцерогенный риск (CR) в течение жизни определяется по формуле

$$CR = ADD * SF$$

где ADD — средняя суточная доза в течение жизни, мг/(кг\*день); SF — фактор канцерогенного потенциала, мг/(кг\*день)<sup>-1</sup>.

При этом для оценки экспозиции избран основной путь поступления загрязняющих веществ в организм — ингаляционный.

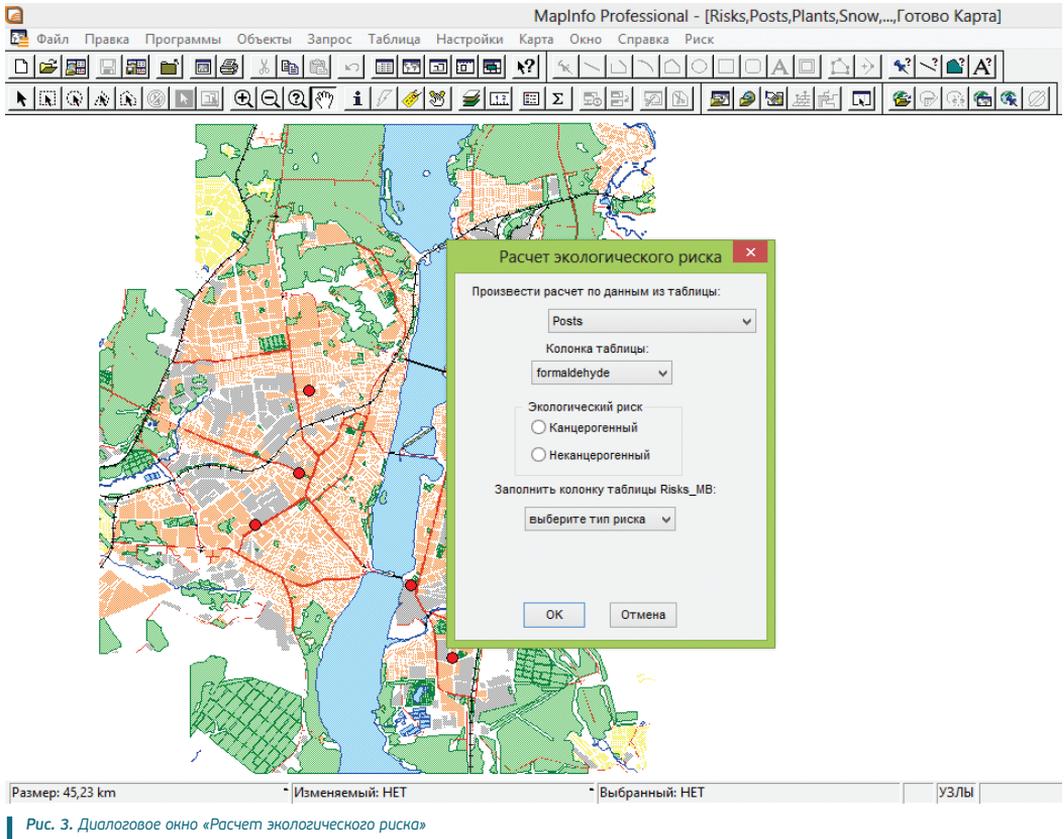


Рис. 3. Диалоговое окно «Расчет экологического риска»

Средняя суточная доза (ADD) рассчитывалась для двух возрастных групп (дети 6 лет и взрослое население) согласно рекомендациям, изложенным в руководстве Р 2.1.10.1920—04 [2].

Из контролируемых в атмосферном воздухе веществ шесть являются канцерогенами, для которых установлен фактор канцерогенного потенциала при ингаляционном воздействии (SF<sub>i</sub>): формальдегид, свинец, сажа, хром (VI), 1,3-бутадиен, стирол.

При анализе данных по загрязнению воздушного бассейна за последние пять лет (2009–2013 гг.) выявлено, что наиболее неблагоприятная ситуация характерна для транспортной функциональной зоны.

Превышения ПДК в этой зоне отмечаются по содержанию оксида углерода, диоксида серы, диоксида азота, формальдегида, взвешенных веществ, фенола от 1,3 до 13,7 раза.

Для промышленной функциональной зоны также характерны превышения ПДК по содержанию оксида углерода, диоксида азота, формальдегида, взвешенных веществ, фенола от 1,2 до 5,3 раза.

В целом в транспортной зоне превышения ПДК отмечены по содержанию шести веществ, в промышленной зоне — пяти веществ, в центральной исторической жилой функциональной зоне — трех веществ (оксида углерода, диоксида азота, взвешенных веществ), в жилых зонах с современной мно-

гоэтажной застройкой и на территории частного сектора — по содержанию только взвешенных веществ. Такая информационная картина является закономерной и объясняется преобладанием вклада в уровень загрязнения воздушной среды автомобильного транспорта. Кроме того, обращает на себя внимание тот факт, что из жилых функциональных зон наиболее неблагоприятная ситуация сложилась в центральной исторической жилой функциональной зоне, для которой характерна высокая автотранспортная нагрузка в сочетании с исторически реализованными устаревшими приемами градостроительного проектирования, в том числе узкими проезжими частями уличных магистралей, близким и плотным примыканием к ним зданий, что ухудшает условия рассеивания выхлопов от автотранспорта и повышает аэротехногенное загрязнение.

При оценке хронического воздействия установлено, что коэффициенты опасности, характеризующие неканцерогенный риск, превышали приемлемый уровень ( $HQ > 1$ ) по 4 веществам (диоксид серы, диоксид азота, формальдегид, взвешенные вещества). Наиболее значительный неканцерогенный риск обусловлен присутствием в атмосферном воздухе формальдегида ( $HQ$  для промышленной, транспортной и жилой функциональной зоны соответственно 3,1; 3,1; 1,5–1,7).

При оценке однонаправленного воздействия веществ установлено, что неприемлемый уровень неканцерогенного риска ( $HI > 1$ ) характерен для развития патологий органов дыхания, кроветворной системы, центральной нервной и иммунной систем.

Превышения приемлемого уровня неканцерогенного риска ( $HI > 1$ ) выявлены по следующим органам и системам: болезням органов дыхания ( $HI$  — до 9,50 в промышленной функциональной зоне), нарушениям иммунной системы ( $HI$  — до 5,24 в промышленной функциональной зоне), болезням крови ( $HI$  — до 2,34 в транспортной функциональной зоне),

болезням центральной нервной системы ( $HI$  — до 1,29 в промышленной функциональной зоне).

В целом по суммам коэффициентов опасности ( $\Sigma HQ$ ), характеризующих неканцерогенный риск при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ, неблагоприятнее выражено в промышленной и транспортной функциональных зонах: содержание вредных веществ выше фонового значения в 4,6 и 4,3 раза соответственно.

Оценка канцерогенного риска для здоровья населения, проведенная по имеющимся результатам лабораторных исследований качества атмосферного воздуха на территории г. Воронежа, показала, что неприемлемые уровни индивидуального канцерогенного риска (выше принятого в Российской Федерации, составляющего для загрязнителей атмосферного воздуха  $1 \cdot 10^{-4}$ , т. е. одного случая онкологического заболевания на 10 тыс. человек) отмечаются по воздействию оксида хрома (VI) и 1,3-бутадиена.

В целом в промышленной функциональной зоне отмечаются наибольшие значения суммарного индивидуального канцерогенного риска как для взрослого ( $4,89 \cdot 10^{-3}$ ), так и для детского населения ( $4,38 \cdot 10^{-3}$ ).

Таким образом, созданный геоинформационно-аналитический комплекс может быть успешно использован в реализации автоматизированного экологического мониторинга городской среды. Благодаря геоинформационным технологиям процесс обработки и анализа разноплановых пространственных данных происходит значительно более оперативно, чем с применением традиционных методов, что оказывает прямое влияние на принятие эффективных управленческих решений в сфере обеспечения экологической безопасности города.

Анализ существующей системы мониторинга уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Воронежа показал, что она требует совершенствования. В настоящее

время контроль ведется по ограниченному перечню веществ, систематически контролируются концентрации только 16 из них, что требует расширения спектра контролируемых веществ. С возрастанием доли влияния выбросов от автомобильного транспорта на уровень загрязнения приземного слоя воздуха эта проблема обостряется, поскольку выхлопы автотранспорта усугубляют ситуацию по уровню загрязнения воздуха как в промышленных, так и в жилых зонах [3]. Серьезную проблему представляют собой также автомобильные пробки, что способствует повышению концентраций загрязняющих веществ в приземном слое воздуха.

Как известно, снижение загрязнения воздушной среды автотранспортными средствами достигается многими методами. Наиболее эффективными считаются модернизация и поддержание исправными систем нейтрализации отработавших газов, нормативные ограничения, а также использование альтернативного топлива. Решение проблемы снижения загрязнения может быть только комплексным. Для уменьшения уровня загрязнения атмосферного воздуха необходимо также регулировать транспортные нагрузки на улицах города, делая их более равномерными. Наиболее загруженные участки транспортной сети необходимо дублировать, прокладывая новые линии движения транспорта.

Охрана атмосферного воздуха от загрязнения выбросами промышленных источников включает в себя реализацию:

1) санитарно-организационных и санитарно-технических мероприятий (организация санитарно-защитных зон, внедрение методов эффективной очистки выбросов стационарных источников предприятий от вредных загрязняющих веществ (газов, паров, аэрозолей);

2) совершенствование технологических процессов с целью уменьшения объема выбросов, внедрение малоотходных технологий;

3) обеспечение исполнения требований природоохранного законодательства, природоохранных и гигиенических нормативов.

Для снижения аэротехногенного риска и оздоровления городской среды необходима целенаправленная экологическая политика, составными блоками которой могут быть, во-первых, реконструкция транспортных сетей города с увеличением их пропускной способности, улучшением качества дорожного покрытия, увеличением средней скорости движения транспортных средств и созданием транспортных коридоров по типу современных «органических систем» городского транспорта во многих европейских городах; во-вторых, изменение топливного баланса в теплоэнергетической промышленности с полным переходом на газ в качестве топлива; в-третьих, более высокое озеленение внутригородского пространства с внедрением в состав посадок газоустойчивых зеленых насаждений (тополя, ясеня и др.), а также более широкое применение вертикального озеленения стен и крыш домов по опыту ряда крупных городов Европы, что позволит снизить загрязнение воздушного бассейна вблизи автомагистралей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куролап С. А. *Воронеж: среда обитания и зоны экологического риска* / С. А. Куролап, С. А. Епринцев, О. В. Клепиков и др. // Воронеж: Изд-во «Истоки». – 2010. – 207 с.

2. *Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду* (Р 2.1.10.1920 — 04). – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. – 2004. – 143 с.

3. Якушев А. Б. *Экологическая оценка воздействия автотранспорта на воздушный бассейн городов Центрального Черноземья* / А. Б. Якушев, С. А. Куролап, М. А. Карпович // Воронеж: Научная книга. – 2013. – 207 с.

**Д. Р. Струков**

(Центр пространственных исследований)

В 2003 г. окончил Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет, факультет био-медицинской электроники и экологической инженерии, по специальности «инженерная защита окружающей среды». С 2004 г. — генеральный директор ГК «Центр пространственных исследований».

**А. С. Чигинева**

(Центр пространственных исследований)

В 2010 г. окончила Московский государственный университет геодезии и картографии, факультет прикладной космонавтики, по специальности «информационные системы и технологии». С 2013 г. — ГИС-специалист ГК «Центр пространственных исследований».

## Пространственный метод анализа доступности медицинской помощи детям на примере Санкт-Петербурга

Система здравоохранения России претерпела большие изменения с начала 1990-х гг. В дополнение к уже существующему полису обязательного медицинского страхования (ОМС) добавился полис добровольного медицинского страхования (ДМС), который значительно расширил возможности оказания медицинских услуг с помощью частных медицинских учреждений на всей территории России. Города за эти годы тоже значительно прибавили в количестве жилых кварталов и домов. За последние двадцать лет общий прирост жилых площадей составил 31% [1]. Успевают ли за городами лечебно-профилактические учреждения (ЛПУ), особенно государственные? Ведь большинству молодых мам полис ДМС недоступен, зачастую семьи вынуждены выплачивать ипотеку или арендовать жилье, а значит, экономить на платных медицинских услугах. А основными приемными пунктами населения, работающими по ОМС в системе лечебно-профилактической помощи матерям и детям, на сегодня являются только государственные детские поликлиники.

Для примера рассмотрим Санкт-Петербург — мегаполис с населением более чем 5 млн

человек и территорией, равной 1439 кв. км.

Детские государственные поликлиники — это большое место всей системы здравоохранения Санкт-Петербурга. Большинство из них находится в плачевном состоянии и давно требует ремонта. К тому же из-за дефицита медицинских учреждений, большой нагрузки и нехватки времени врачам все труднее поддерживать хороший уровень оказываемых услуг.

Качество жизни горожан в огромной степени определяется качеством здравоохранения. Особенно актуально иметь хорошо работающую систему по оказанию медицинской помощи детям, поскольку многие болезни можно предотвратить, вылечить или купировать в детском возрасте. Первичная заболеваемость детей в Санкт-Петербурге в возрасте 0–14 лет возрастает. Одними из главных факторов роста заболеваемости являются падение качества предоставляемых медицинских услуг и уменьшение количества обращений в детские ЛПУ [2, 3].

Важным критерием качества медицинской помощи на большой территории (или в большом городе) является своевременность ее оказания, т. е. большое внимание стоит уделять географическому фактору

и соответственно доступности ЛПУ [4]. В больших городах проблема доступности стоит особенно остро из-за высокой плотности населения, с одной стороны, и затруднений с общественным транспортом, пробками, большими расстояниями — с другой. Географический фактор особенно важен еще и потому, что иногда транспортировка плохо отражается на состоянии пациента, и сразу становится ясно, насколько важна хорошая доступность медицинских учреждений.

Одним из показателей хорошего медицинского обслуживания является обеспеченность детского населения амбулаторно-поликлиническими учреждениями (АПУ). Сейчас в Санкт-Петербурге большинство детских медицинских учреждений, включая больницы, работает с огромными нагрузками, в результате чего образуются большие очереди к врачам. В сезоны увеличения инфекционных болезней или в периоды эпидемий поликлинические отделения не справляются с потоком пациентов. В ряде поликлиник попасть к врачу-специалисту крайне сложно, что связано с кадровыми проблемами. Педиатры сильно загружены, поэтому и пытаются не тяжелобольных детей принимать в поликлинике [5]. Все это ведет к снижению качества здравоохранения.

Оценка суммы факторов обеспеченности и пешеходной доступности АПУ на территории Санкт-Петербурга может отчетливо показать нам уязвимые места в структуре системы государственного здравоохранения.

Для определения доступности детских поликлиник в Санкт-Петербурге мы использовали данные об их местоположении из открытых источников. Так как дети есть почти в каждой семье, в данном исследовании мы предполагаем, что эти семьи равномерно распределены по жилым кварталам города пропорционально численности населения в квартале. Основным параметром является пешеходная доступность поликлиники. В среднем расстояние должно составлять не больше одного километра, время в пути — не более 15-20 мин. Если

расстояние от некоторых кварталов до поликлиники составляет более двух километров, родителям придется везти детей на общественном транспорте, что не очень хорошо сказывается на здоровье ребенка. Ситуация ухудшается, если ребенок в том возрасте, когда еще не может передвигаться сам и везти его нужно в коляске.

Для анализа доступности мы использовали характеристику удаленности с атрибутами движения пешехода. Расчет производился в модуле Network Analyst [6] программного обеспечения ArcGIS 10.1. Данный модуль позволяет производить исследования на основе модели транспортной сети (графа). Для получения корректных данных такая сеть должна иметь несколько обязательных атрибутов, таких, как длина каждого участка в метрах, возможность/невозможность движения, время движения по ребру.

При анализе доступности для каждого квартала было рассчитано время пешеходной прогулки до ближайшей поликлиники. По полученным значениям была построена интерполяционная модель по методу обратно взвешенных расстояний (ОВР). Этот метод предполагает, что чем дальше квартал находится от ближайшей АПУ, тем меньше его весовая характеристика и, следовательно, доступность относительно других кварталов (рис. 1). На получившемся изображении видно, что даже в центре города от большого количества кварталов клиники удалены более чем на 1,5 км. Например, детям, проживающим на Невском или Московском проспектах в районе станций метро «Парк Победы» и «Электросила», до ближайшей поликлиники пешком придется добираться 30–60 мин. На окраинах дела обстоят еще хуже: из частного сектора до клиники придется добираться намного дольше одного часа. К тому же учитывались филиалы детских поликлиник, где лечебная база представлена специалистами далеко не всех направлений. В таких филиалах часто предоставляются только процедурные услуги.

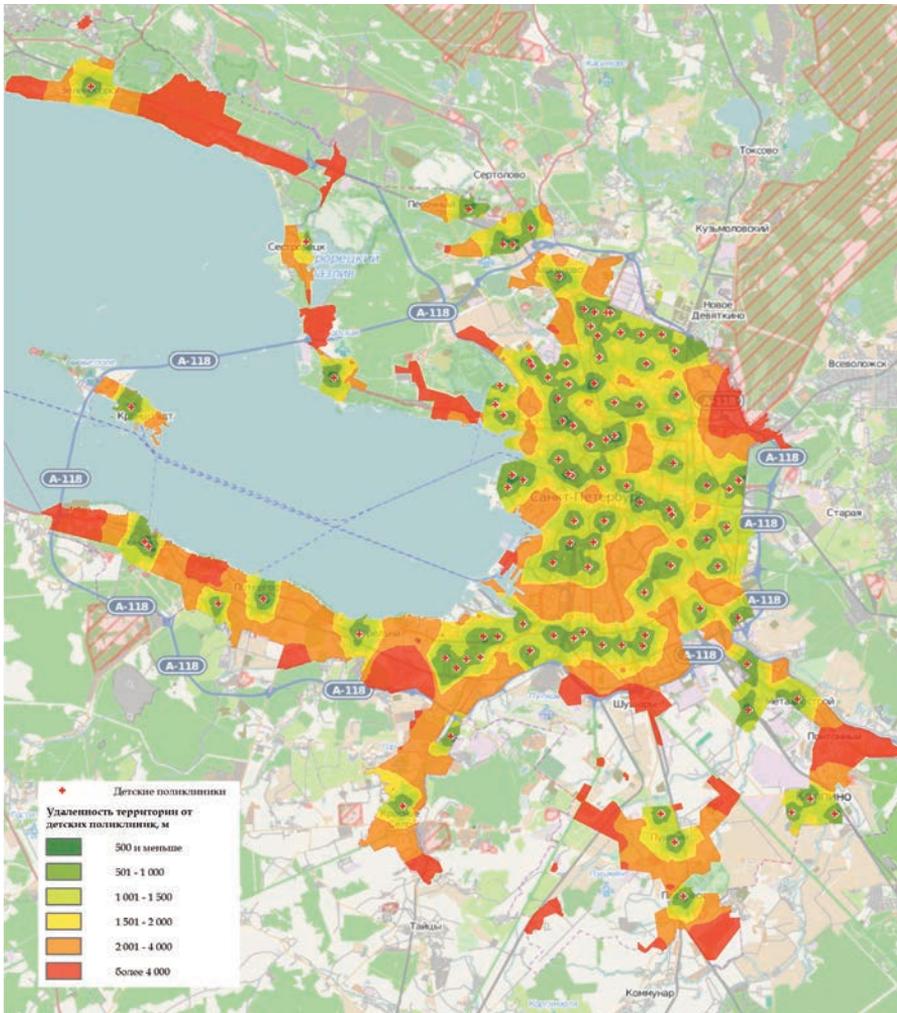


Рис. 1. Зоны удаленности жилых кварталов города от детских поликлиник

При расчете обеспеченности учитывалось количество детей, проживающих на территории города по данным на 2014 г., и количество поликлиник в каждом муниципальном округе (рис. 2). Мы видим, что во многих округах просто отсутствуют клиники, а в остальных клиник крайне мало по сравнению с количеством детей. Особенно сложна ситуация в районах новостроек, где дома строят

быстрее, чем социальные объекты, вследствие чего на 10 тыс. детей приходится всего одно поликлиническое отделение.

Для совместной оценки двух факторов и уточнения состояния детского медицинского обслуживания мы применили инструмент-калькулятор раstra из модуля Spatial Analyst [7]. С помощью инструмента Raster Calculator просуммировали

результаты, получившиеся от предыдущих вычислений (рис. 3), и выявили, что в некоторых центральных округах города (Васильевский, Дворцовый, Литейный и др.) высока потребность в детских медицинских учреждениях. На окраинах, где количество новостроек растет с каждым годом, также остро стоит вопрос медицинского обслуживания.

Все амбулаторные поликлинические отделения имеют разную мощность и пропускную способность. На этом стоит сконцентрировать внимание, так как эти данные могут значительно поменять результат исследования. В дальнейшем мы планируем получить данные о количестве пациентов на каждом участке, мощности поликлиник и максимально приблизить нашу оценку к реальной ситуации в сфере детского здравоохранения.

Методы достаточно универсальны и могут быть внедрены в систему организации здравоохранения субъектов в департаментах

здравоохранения, медицинских информационно-аналитических центрах, больших сетях частных учреждений здравоохранения. Кроме того, методика может быть использована для анализа и реорганизации разветвленной сети станций и подстанций скорой медицинской помощи (СМП), которая на сегодняшний день сильно устарела. Даже с учетом появления новых станций СМП у федеральных медицинских стационаров их количество остается недостаточным для обслуживания растущего населения городов.

В заключение хочется сказать, что такие методы оценки необходимы в здравоохранении, чтобы с помощью строительства новых лечебных учреждений снять огромную нагрузку с врачей, улучшить медицинское обслуживание, а также повысить уровень жизни людей в целом. Ведь качественная медицинская помощь является одним из главных признаков высокоорганизованного общества.

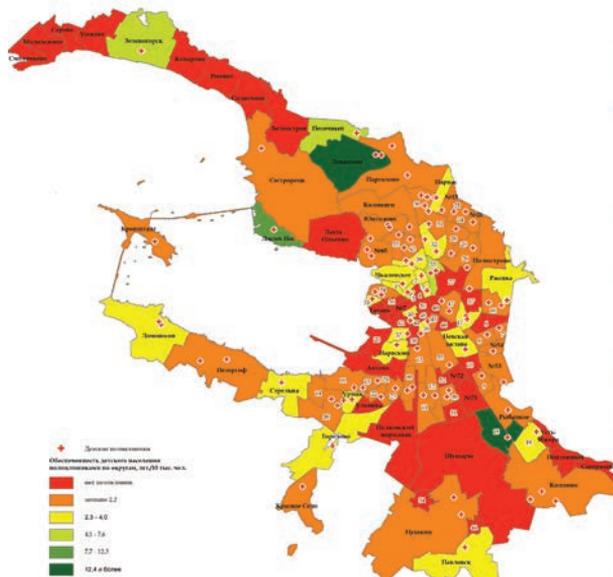


Рис. 2. Обеспеченность детского населения поликлиниками по округам

Номер округа	Муниципальный округ	Район	Обеспеченность детского населения поликлиниками на 1000 чел.
1	Васильевский	Васильевский	1,8
2	Васильевский центр	Васильевский	4,0
3	Васильевский	Васильевский	4,0
4	Васильевский	Васильевский	нет данных
5	Васильевский	Васильевский	4,0
6	Васильевский	Васильевский	нет данных
7	Васильевский	Васильевский	1,1
8	Васильевский	Васильевский	1,0
9	Васильевский	Васильевский	1,8
10	Васильевский	Васильевский	нет данных
11	Васильевский	Васильевский	2,0
12	Васильевский	Васильевский	0,9
13	Васильевский	Васильевский	1,0
14	Васильевский	Васильевский	1,8
15	Васильевский	Васильевский	1,1
16	Васильевский	Васильевский	1,1
17	Васильевский	Васильевский	3,0
18	Васильевский	Васильевский	20,0
19	Васильевский	Васильевский	1,0
20	Васильевский	Васильевский	нет данных
21	Васильевский	Васильевский	1,0
22	Васильевский	Васильевский	0,8
23	Васильевский	Васильевский	1,2
24	Васильевский	Васильевский	0,8
25	Васильевский	Васильевский	1,4
26	Васильевский	Васильевский	2,0
27	Васильевский	Васильевский	нет данных
28	Васильевский	Васильевский	0,7
29	Васильевский	Васильевский	0,8
30	Васильевский	Васильевский	1,0
31	Васильевский	Васильевский	1,1
32	Васильевский	Васильевский	1,4
33	Васильевский	Васильевский	1,0
34	Васильевский	Васильевский	0,8
35	Васильевский	Васильевский	1,4
36	Васильевский	Васильевский	нет данных
37	Васильевский	Васильевский	4,0
38	Васильевский	Васильевский	нет данных
39	Васильевский	Васильевский	1,3
40	Васильевский	Васильевский	1,0
41	Васильевский	Васильевский	нет данных
42	Васильевский	Васильевский	нет данных
43	Васильевский	Васильевский	1,7
44	Васильевский	Васильевский	нет данных
45	Васильевский	Васильевский	1,0
46	Васильевский	Васильевский	нет данных
47	Васильевский	Васильевский	2,0
48	Васильевский	Васильевский	нет данных
49	Васильевский	Васильевский	нет данных
50	Васильевский	Васильевский	нет данных
51	Васильевский	Васильевский	нет данных
52	Васильевский	Васильевский	нет данных
53	Васильевский	Васильевский	нет данных
54	Васильевский	Васильевский	нет данных
55	Васильевский	Васильевский	нет данных
56	Васильевский	Васильевский	1,0
57	Васильевский	Васильевский	нет данных
58	Васильевский	Васильевский	1,0
59	Васильевский	Васильевский	1,0
60	Васильевский	Васильевский	1,0
61	Васильевский	Васильевский	1,0

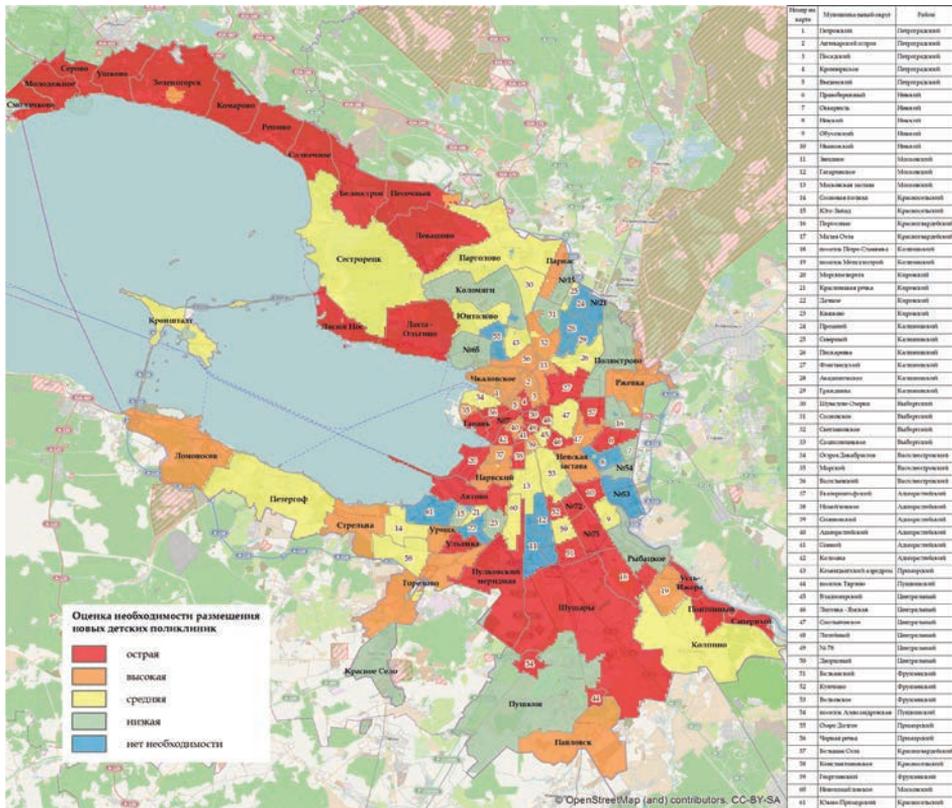


Рис. 3. Оценка необходимости размещения новых детских медицинских учреждений

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Москва. 22 июня. ИНТЕРФАКС-НЕДВИЖИМОСТЬ. <http://www.interfax.ru/>
2. Основные показатели состояния здоровья населения, ресурсы и деятельность учреждений здравоохранения Санкт-Петербурга в 1996-2003 гг. / Под ред. И. А. Красильникова. – СПб: Медицинская пресса. – 2004. – 480 с.
3. Струков Д. Р. Пространственный анализ характеристик детской популяции в медико-экологическом исследовании при помощи ГИС / Д. Р. Струков, Г. А. Попов // Материалы 9-й Всероссийской конференции «Проблемы ввода и обновления пространственных данных». ГИС-Ассоциация. – 2005.

4. Сомов Э. В. Применение геоинформационных методов в решении задач оптимизации медицинского обслуживания населения / Э. В. Сомов, С. А. Тимонин // Труды 1-й и 2-й Всероссийской конференции с международным участием. – Москва. – 2012.
5. Тюменева Т. Молодые специалисты не хотят идти работать в районные поликлиники // Вечерний Петербург. 56(25084) от 28 марта 2014. <http://www.vppress.ru/stories/Molodye-spetsialisty-ne-khotyat-idi-t-rabotat-v-raionnye-polikliniki-22957>
6. Network Analyst. <http://www.esri.com/software/arcgis/extensions/networkanalyst>
7. Spatial Analyst. <http://www.esri.com/software/arcgis/extensions/spatialanalyst>

**Д. А. Мидоренко**

(Тверской государственный университет)

В 1992 г. окончил Калининский (ныне Тверской) государственный университет (ТвГУ) по специальности «географ-картограф». В настоящее время — начальник отдела разработки и внедрения информационных технологий в учебный процесс ТвГУ.

## Отражение социальных показателей в облачном атласе Тверской области

В 2010 г. на сервере Тверского государственного университета (ТвГУ) был развернут Образовательный геоинформационный портал. Основная цель разработки и внедрения ресурса заключалась

в организации размещения, хранения и свободного онлайн-доступа к разноплановым учебным, научным и справочным пространственным данным по территории Тверской области.

[ГЛАВНАЯ](#) [ГЕОРЕСУРСЫ](#) [ГЕОИЗОБРАЖЕНИЯ](#)

[ВХОД В ARCGIS ONLINE](#)

### Образовательный геоportal Тверского государственного университета

Облачный атлас и учебные on-line ресурсы



Демография и расселение  
Тверской области



Социальная сфера  
Тверской области



Коммунальная сфера  
Тверской области



Сфера обслуживания  
Тверской области

Образовательный геоportal — это открытый справочно-информационный ресурс, цель которого — обеспечение учебного процесса и проведение научных исследований в области теории и практики географии с применением методов и средств on-line картографирования, ГИС-технологий, облачных вычислений и обработки данных дистанционного зондирования.

Основу геоportала составляет облачный научно-справочный атлас Тверской области, созданный на платформе ArcGIS Online от компании **ESRI**, и включающий в себя более 120 web-карт и около 200 уникальных слоёв

Рис. 1. Стартовая страница Образовательного геоportала ТвГУ

С появлением облачной инфраструктуры ArcGIS Online сразу начались эксперименты по переводу уже имеющейся картографической базы в «облако» ArcGIS, формированию нового интерфейса геопортала и созданию разноплановых учебных веб-приложений.

В 2013 г. с получением подписки ArcGIS Online for Organizations ресурс практически полностью перешел на облачную платформу (рис. 1) и стал первым в России образовательным ресурсом, который в полной мере реализовал самые передовые облачные решения (<http://geoportals.tversu.ru/Atlas/>).

Основу геопортала составляет постоянно дополняемый и обновляемый облачный научно-справочный атлас Тверской области — самый востребованный компонент геопортала. Атлас организован в виде серий карт разной тематики и различного территориального охвата.

Облачный атлас представляет собой логическое продолжение электронных атласов, размещенных в компьютерных сетях и включающих в себя интерактивные средства и средства поиска в сети [1]. Отличительная особенность облачных атласов в том, что их содержание сформировано, систематизировано и размещено средствами и на базе какой-либо облачной ГИС-платформы.

Облачный атлас создается не только в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к картографической продукции (единство математической основы, масштаба, общности легенд карт и т. д.), но и с учетом особенностей веб-ГИС (послойная организация данных, масштабирование изображений, единство оформления всплывающих окон и т. д.).

На сегодняшний день основными разделами научно-справочного атласа Тверской области являются:

- демография и расселение;
- социальная сфера;
- коммунальная сфера;
- сфера обслуживания;
- сельское хозяйство;

- физическая география;
- бассейн Верхней Волги (Волговерховье).

Серия карт «Социальная сфера Тверской области» (рис. 2) включает в себя 27 веб-карт (<http://geoportals.tversu.ru/Atlas/Social/index.html>), сгруппированных в четыре блока на основе настраиваемого веб-приложения «Публичная галерея».

Карты сферы образования характеризуют наличие, численность и структуру образовательных учреждений различного уровня, число обучающихся в образовательных учреждениях области и посещающих детско-юношеские спортивные школы.

Блок карт медицинского обслуживания населения содержит данные об обеспеченности населения больничными койками, численности врачей и среднего медицинского персонала, а также обеспеченности населения врачами.

Деятельность социальных служб области показана на картах объемов социальных выплат населению, числа мест в учреждениях социального обслуживания, числа граждан пожилого возраста и инвалидов, обслуживаемых на дому.

Культурно-досуговый сектор представлен картами численности работников сферы досуга и наличия в муниципальных образованиях области библиотек, домов культуры, музеев и театров.

При составлении веб-карт использовалась открытая база данных показателей муниципальных образований Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации и информация с официального сайта о государственных (муниципальных) учреждениях. Кроме того, были задействованы данные Министерства социальной защиты населения Тверской области и некоммерческого веб-картографического ресурса OpenStreetMap.

Текущие социальные показатели даны по состоянию на 2011 г. Динамика представлена за период с 2006–2007 по 2011 г.

Однако ряд показателей по закрытым административно-территориальным образованиям Озерный и Солнечный полностью отсутствует.

Для обработки исходных данных использовано настольное ГИС-приложение ArcGIS 10.2 for Desktop. Дальнейшее формирование и компоновка веб-карт проводились непосредственно в среде ArcGIS Online — облачной инфраструктуре от компании Esri для совместной работы, позволяющей создавать, использовать и публиковать карты, приложения и данные.

Для классификации числовых полей применен стандартный картографический метод «естественные границы», основанный

на естественной группировке значений данных. Метод выявляет группы и распределения, свойственные данным, так что значения в пределах каждого класса оказываются близкими, а между классами — различаются. Значения, образующие группу, автоматически помещаются в один класс [2].

По умолчанию базовой картой является OpenStreetMap (OSM). Для расширения информационной емкости веб-карт задействованы всплывающие окна (pop-ups), не только отражающие атрибутивные данные, но и дополняющие картографическое изображение статистической и аналитической информацией, представленной в виде графиков и гистограмм.

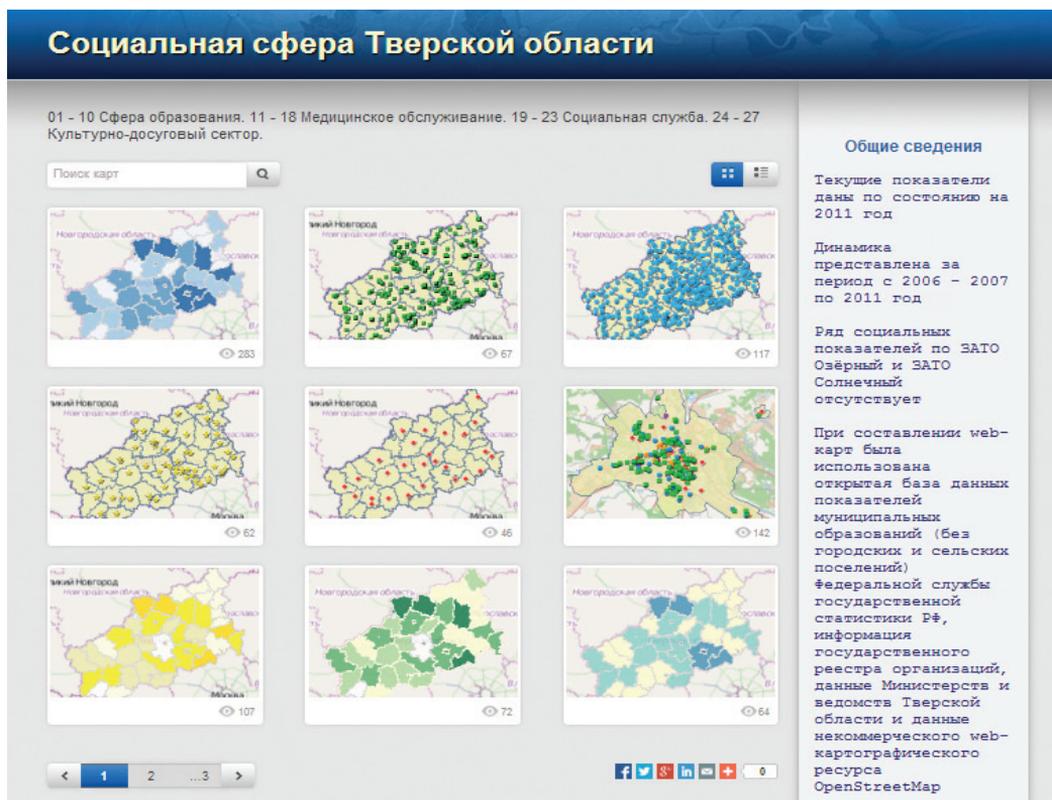
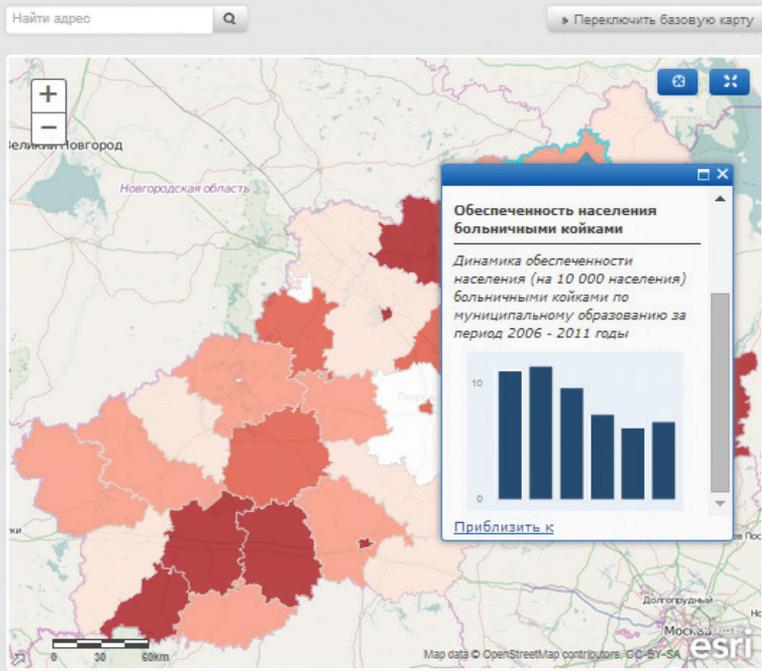


Рис. 2. Стартовая страница серии карт «Социальная сфера Тверской области»

## Социальная сфера Тверской области

### 13. Обеспеченность населения больничными койками в Тверской области

Обеспеченность населения (на 10 000 человек) больничными койками в учреждениях здравоохранения Тверской области по муниципальным образованиям (без городских и сельских поселений) в 2011 году и динамика показателя за период 2006 - 2011 годы



#### Информация

Обеспеченность населения (на 10 000 человек) больничными койками в государственных учреждениях здравоохранения Тверской области в 2011 году в среднем составила 7,49

В целом по Тверской области наблюдалась отрицательная динамика обеспеченности населения (на 10 000 человек) больничными койками с 9,96 (в среднем по области) в 2006 году до 7,49 (в среднем по области) в 2011 году

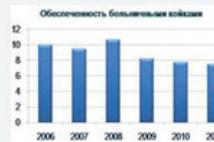


Рис. 3. Пример оформления веб-карты блока

Кроме того, каждую веб-карту сопровождает описательная информация, включающая в себя обобщенные характеристики объектов и явлений, диаграммы и графики (рис. 3).

Отражение социальных показателей тесно связано с другими частями атласа, прежде всего с серией карт «Демография и расселение Тверской области» (численность и плотность населения, разнообразные демографические показатели, размещение населения) и серией карт «Коммунальная сфера Тверской области» (газификация

населенных пунктов, тепловые, водопроводные и канализационные сети, состояние аварийного и ветхого жилья, освещенность улиц).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлянт А. М. Картография. – М.: Аспект-пресс. – 2002. – 336 с.
2. Mitchell A. The ESRI guide to GIS analysis Vol. 1: Geographic patterns and relationships. Redlands, CA. ESRI Press. – 1999. – 192 с.

**В. В. Торопцев** (ОАО «МКБ «Компас»)

В 2006 г. окончил МАТИ РГТУ им. К. Э. Циолковского по специальности «автоматизированные системы обработки информации и управления». В ОАО «МКБ «Компас» работает с 2012 г., в настоящее время — инженер-программист.

**А. В. Баркалов** (ОАО «МКБ «Компас»)

В 2010 г. окончил факультет аэромеханики и летательной техники МФТИ по специальности «прикладная физика и математика». В ОАО «МКБ «Компас» работает с 2013 г., в настоящее время — инженер-программист.

## Графическая система «Глобус»

В настоящее время ряд компаний занимается разработкой геоинформационных систем, позволяющих отображать различного рода информацию с использованием географических данных (Google Earth (GE), ArcGlobe (ArcGis) и др.). Одна из таких разработок легла в основу нижеописанной графической системы (ГС).

Система «Глобус» представляет собой пространство 3D-сцены для отображения в реальном времени движения объектов в любой точке земного шара, что отличает ее от таких систем, как Google Earth и ArcGlobe, движение в которых происходит по записанному сценарию. Информация о движении объектов может поступать из различных источников, например серверов.

Одна из перспективных возможностей использования данной системы — это применение ее в диспетчерских центрах наземных и воздушных служб транспорта. А с учетом использования передовых технологий для отображения высокодетализированных участков земной поверхности (при наличии таковых в базе данных) это дает возможность наглядно показывать окружающую территорию и осуществлять мониторинг любого транспортного средства в требуемом районе.

Сотрудничество с компанией «Совзонд», на протяжении долгих лет являющейся одной из ведущих российских компаний в сфере геоинформационных технологий, позволило нам работать с пространственными данными в различных проекциях и с разной разрешающей способностью, что отразилось на создании БД ГС «Глобус». Для информационного наполнения

использовались космические снимки, предоставленные компанией «Совзонд». В частности, использовались мультиспектральные снимки со спутников QuickBird и Landsat-7, трансформированные в равноудаленную цилиндрическую проекцию WGS84.

Графический функционал системы построен с использованием OpenGL библиотек и способен работать на низкопроизводительных программных комплексах. Благодаря использованию динамической загрузки БД графическая система позволяет добавлять текстуры поверхности любого разрешения (до 10 см/пиксель). Также имеется возможность кэширования большого объема данных (в оперативную и видеопамять), что также способствует увеличению производительности (при уменьшении обращений к жесткому диску). Табл. 1 отображает сравнительные характеристики различных графических ускорителей.

В качестве примера на рис. 1 приведена визуализация поверхности города Аден (района взлетно-посадочной полосы) при разрешении текстур 1 м/пиксель и сетки высот 30 м (спутник Terra/ASTER).

Графический ускоритель	Время визуализации поверхности, мс	Частота визуализации поверхности, Гц
Nvidia GeForce 660 TI	~0,8	~1300
Nvidia GeForce 560 GTX	~1,4	~700
Nvidia GeForce 8500 GT	~4	~250

Табл. 1. Сравнение работы системы «Глобус» на различных графических ускорителях



Рис. 1. Район взлетно-посадочной полосы, г. Аден (Nvidia GeForce 660Ti)

Система «Глобус» имеет приложение для подготовки настроечного файла запуска для удобства пользователя. Приложение позволяет:

- управлять настройкой окна вывода графики (размер и положение окна, установка области просмотра и др.);
- устанавливать статические объекты, включая характеристики масштаба и др.;
- определять динамические объекты для их последующей визуализации в сцене, а также другие опции.

Любая высокодетализированная БД, включающая текстуры поверхности и сетку высот, должна быть подготовлена заранее. В базовую версию «Глобуса» входит 512 м/пиксель текстуры и сетка высот на весь земной шар. Характерной особенностью

визуализации сетки высот разной детализации является отсутствие разрывов на границах участков поверхностей — тайлинг-текстур. Для этого при визуализации необходимого участка происходит притягивание граничных вершин тайла высокой детализации к граничным краям тайлов низкой детализации (рис. 2, 3).

Важной частью ГС является возможность одновременной визуализации нескольких десятков тысяч разнотипных динамических объектов (до 35 тыс. объектов) с поддержкой уровней детализации (рис. 4). Это достигается посредством углубленного использования возможностей графических карт, включая поддержку многоядерных графических ускорителей. Данное преимущество является показателем полного использования функционала современных графических ускорителей.

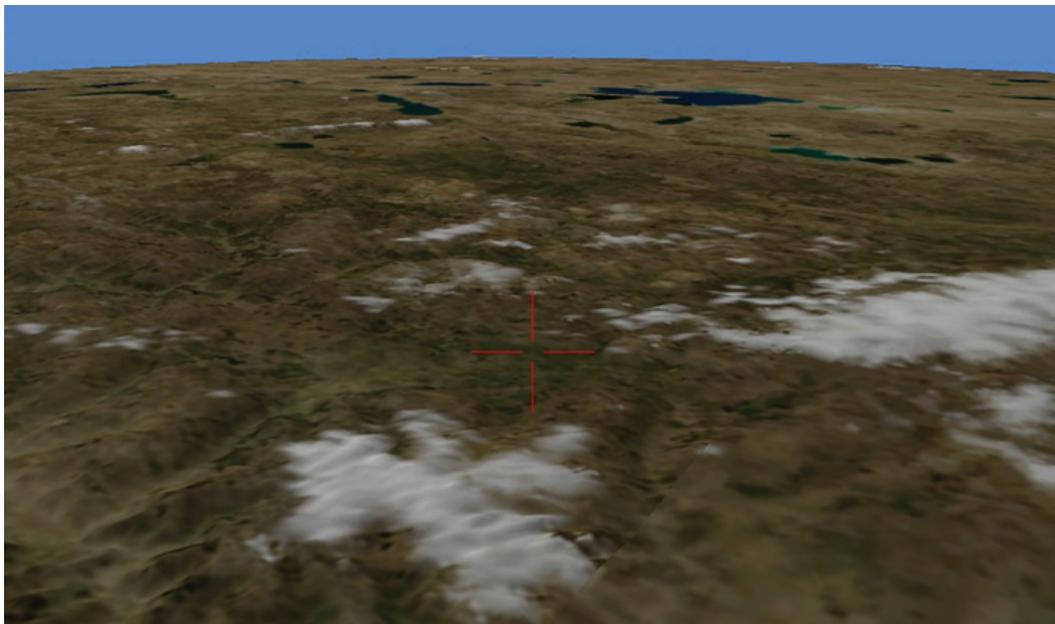


Рис. 2. Переход сетки высот разной детализации района Гималаев

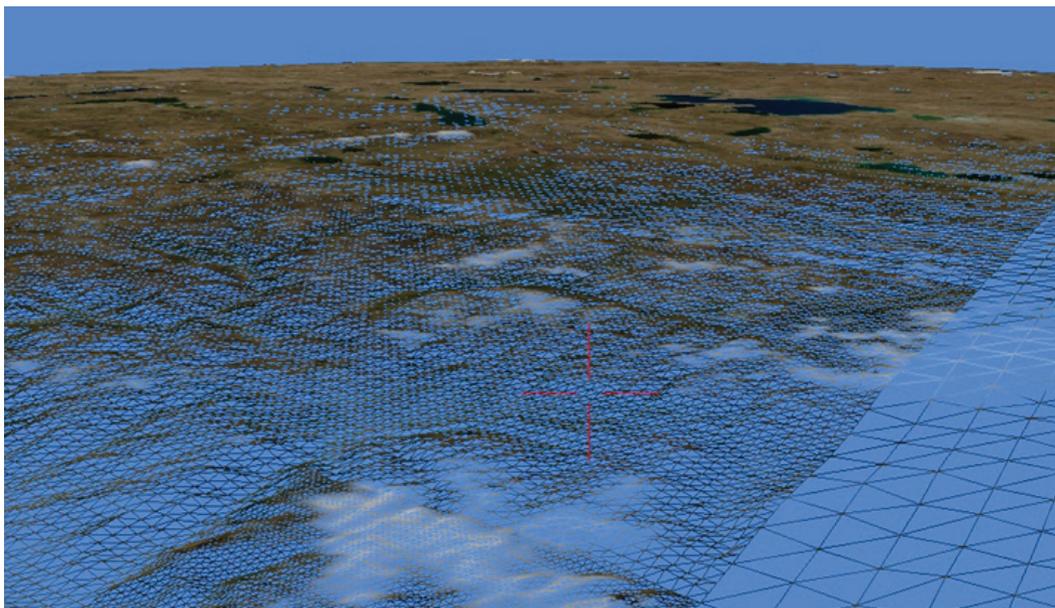


Рис. 3. Переход сетки высот разной детализации района Гималаев (проволочный стиль отображения)

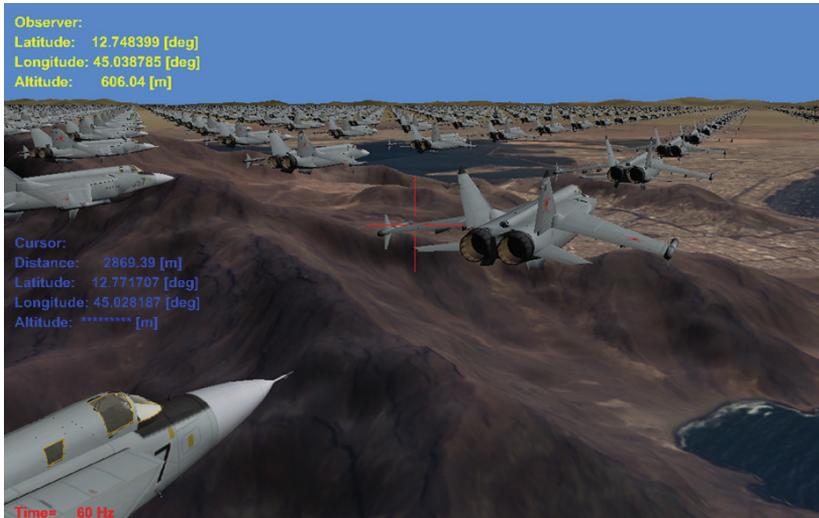


Рис. 4. Отображение 35 тыс. динамических объектов (NVIDIA GeForce 560)

В основе разработки лежит модульный принцип. Это позволяет сторонним разработчикам в короткие сроки создавать и подключать дополнительный функционал. Подключаемые модули могут быть разработаны с использованием языков программирования C#, C/C++ или с применением технологии COM, платформы Windows.

Любой разработанный модуль для данной системы можно обеспечить системой защиты информации, используя разработанную систему лицензирования. Это гарантированно защищает от нелегального использования и исключает возможность получения исходного кода модулей при их декомпиляции.

Основные характеристики системы «Глобус»:

- динамическая загрузка рельефа и текстур;
- поддержка LOD (уровни детализации) динамических и статических объектов;
- поддерживаемые форматы: OpenFlight (\*.flt), Collada (\*.dae), Autodesk 3D Max (\*.3ds), Blender 3D (\*.blend), DirectX (\*.x) и др.;
- поддержка многоядерных систем;
- платформа Microsoft Windows 7 (32/64 бит) и выше;

- видеокарта Nvidia GeForce 8500 GT и выше.

Базовые модули:

- модуль Globus (отвечает за запуск графической системы с учетом файла конфигурации);
- модуль Globus.Engine (визуализация подготовленных списков отображения);
- модуль Globus.Window (создание контекстного окна для отображения графики);
- модуль Globus.Camera (перемещение обозревателя в геоинформационной 3D-сцене);
- модуль Globus.Input (обработка нажатия клавиш мыши и клавиатуры);
- модуль Globus.Surface (подготовка списков отображения поверхности);
- модуль Globus.Command (отправка и обработка команд);
- модуль Globus.SimpleModelLoader (загрузчик статических и динамических моделей);
- модуль Globus.Variable (содержит различные константы).

Дальнейшие этапы работ будут включать в себя как расширение функционала описанной системы, так и наполнение базы данных земного шара при тесном сотрудничестве с компанией «Совзонд».

# Итоги 11-й международной выставки геодезии, картографии и геоинформатики GeoForm+ 2014

14–16 октября 2014 г. в Москве состоялась 11-я международная выставка геодезии, картографии и геоинформатики GeoForm+. Организатор выставки — международная выставочная компания MVK в составе группы компаний ITE при поддержке Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК), ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных» и Росреестр.

Выставку посетили 1 657 специалистов отрасли из 46 регионов России и 16 стран.

Экспоненты продемонстрировали новинки геодезического оборудования, комплексные решения в области изысканий, проектирования генеральных планов и линейных объектов, программные решения для геодезии, строительства, инженерии, тахеометры, ГИС, системы ДЗЗ, пространственной визуализации и лазерного сканирования, GPS-навигаторы, БПЛА, оборудование для мониторинга транспорта, аэросъемочные комплексы и многое другое. Среди ведущих брендов на выставке были представлены Topcon, Leica Geosystems, Trimble, Nikon, Spectra, Geomax, SOUTH.

Новую систему мониторинга изменений Persistent Change Monitoring (PCM™) продемонстрировала компания «Совзонд». Внедрение системы стало возможным благодаря огромному архиву данных с мультиспектральных спутников RapidEye, их высокому разрешению и возможности оперативной многократной космической съемки больших территорий. Используя снимки RapidEye и систему PCM™, пользователи могут определять даже небольшие изменения

объектов для обновления карт вплоть до масштаба 1:5000.

Компания Trimble представила мобильную систему сбора данных Trimble MX2, которая объединяет в себе лазерное сканирование высокого разрешения и точное позиционирование для захвата облаков точек с использованием геопривязки. На стенде компании «Геостройизыскания» посетители могли ознакомиться с системой мобильного лазерного сканирования IP-S2 compact+. Компания «Геосигнал» представила самые современные телеметрические сейсморазведочные системы ТЕЛСС-402 и ТЕЛСС-403. Группа компаний «Беспилотные системы» продемонстрировала современное решение по получению высококачественных ортофотопланов, ЦММ, ЦМР посредством применения беспилотных аэрофотосъемочных комплексов Supercam.

Неизменный интерес у профессионалов отрасли вызвала международная конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения». Всего в конференции приняли участие 230 человек.

На пленарном заседании специалисты обсудили технологические решения в области геодезии, картографии, геоинформатики и ДЗЗ, а также существующие и перспективные области их применения. В ходе секционных заседаний обсуждались вопросы использования топографических аэросъемочных комплексов на базе пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов; тестирование, организация и проведение аэросъемочных работ.

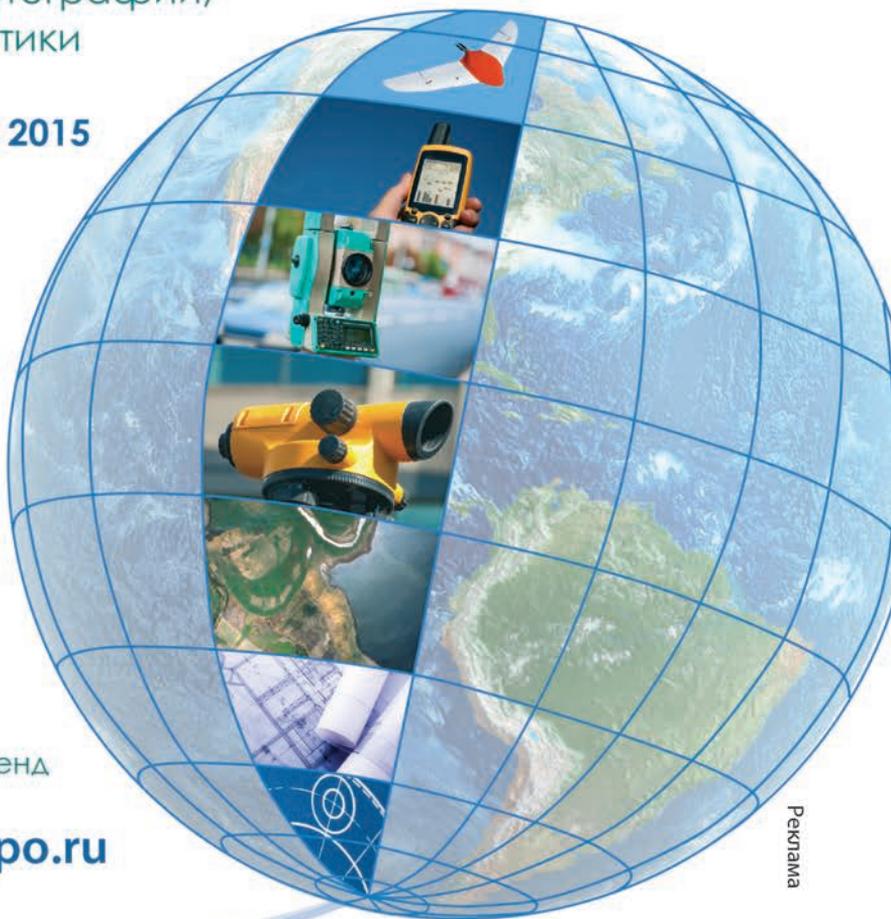
GeoForm+ 2015 пройдет с 13 по 15 октября на ВВЦ, в павильоне 75.



12-я Международная выставка  
геодезии, картографии,  
геоинформатики

**13–15 октября 2015**

**Москва,  
ВДНХ (ВВЦ),  
павильон 75**



Забронируйте стенд  
на сайте

**[www.geoexpo.ru](http://www.geoexpo.ru)**

Реклама



Тел.: +7 (495) 935 81 00  
E-mail: [geoformexpo@ite-expo.ru](mailto:geoformexpo@ite-expo.ru)

Генеральный  
информационный спонсор:



Новосибирск  
Россия

Interexpo  
**Geo**  
SIBERIA

Novosibirsk  
Russia

20-22 апреля 2015

# Интерэкспо Гео-Сибирь

XI Международные выставка  
и научный конгресс «Электронное  
гео-пространство на службе общества»

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

Организаторы / Organizers

Партнер Форума / Partner of the Forum

Interexpo  
**Geo**  
SIBERIA  
[www.expo-geo.ru](http://www.expo-geo.ru)

 СГГА  
[geosiberia.ssga.ru](http://geosiberia.ssga.ru)

**NOVOSIBIRSK  
EXPO CENTRE**

Официальная поддержка / Official support



EAGE

# История возникновения и развития аэрокосмических методов исследования Земли

## ВВЕДЕНИЕ

Аэрокосмические методы исследования Земли вносят все больший вклад в решение различных задач в области изучения и рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды, лесного и сельского хозяйства, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Широкое применение аэрокосмических методов исследования Земли обусловлено рядом их уникальных особенностей: большой обзорностью, оперативностью получения информации, возможностью работы в любых труднодоступных районах, высокой достоверностью, широким спектром регистрируемых параметров, возможностью получения данных на различных масштабных уровнях и др. [1, 2, 5, 14].

Аэрокосмические методы исследования Земли относятся к методам дистанционного зондирования (ДЗ). Такие методы предполагают получение данных на основании измерений, проведенных на расстоянии [1, 2, 10].

Настоящая статья посвящена истории возникновения и развития аэрокосмических методов исследования Земли. Она также частично охватывает вопросы возникновения и развития методов ДЗ в целом, поскольку именно они являются основой для аэрокосмических методов. Статья состоит из четырех частей, каждая из которых описывает один из периодов истории рассматриваемой тематики, условно выделенных автором.

В первой части представлена хронология основополагающих научных открытий, создавших предпосылки для возникновения ДЗ.

Во второй части описывается история развития аэросъемки с момента ее возникновения до момента запуска первого искусственного спутника Земли. Далее, в третьей части, приоритет отдается описанию развития космических методов исследования Земли как наиболее наукоемких и опирающихся на передовые технические достижения. В четвертой части дается краткий обзор современных представлений об аэрокосмических исследованиях Земли.

Статья носит обзорный характер, ориентирована прежде всего на описание истории научных открытий и изобретений, имеющих отношение непосредственно к аппаратуре и методам аэрокосмических исследований Земли, и в меньшей степени раскрывает развитие сопутствующих направлений науки и техники, таких, как физика, химия, воздухоплавание, космонавтика, информатика и др. По мере приближения к настоящему времени развитие методов аэрокосмических исследований Земли становится настолько бурным и разносторонним, что в третьей и четвертой частях статьи, относящихся главным образом ко второй половине XX века, описание дается уже не в виде хронологии отдельных событий, а в виде обобщенного обзора.

## КРАТКАЯ ХРОНОЛОГИЯ ОСНОВОПОЛАГАЮЩИХ НАУЧНЫХ ОТКРЫТИЙ

В основе действия как устаревшего, так и современного оборудования ДЗ лежат фундаментальные физические принципы [1, 13]. Ниже приводится краткая хронология основополагающих научных открытий,

которые обеспечили предпосылки для возникновения методов ДЗ и впоследствии аэрокосмических методов исследования Земли. Хронология построена на основе обзора американских исследователей из Университета Калифорнии (University of California) [17].

Наиболее сильные толчки к развитию методов и средств ДЗ давали научные открытия, связанные с изучением света (электромагнитных волн). Это объясняется тем, что даже и сейчас, несмотря на развитие гравиметрических, магнитометрических, акустических методов ДЗ, электромагнитные волны остаются основным агентом, обеспечивающим процесс дистанционного получения информации об объектах (суть ДЗ) [1, 2].

Развитие представлений древних людей о свете связано с легендой, рассказывающей об одном арабе, который проснулся однажды утром и увидел на стене своей палатки нечто необычное. После изучения увиденного он понял, что видит перевернутое изображение группы людей, стоящих на улице. Это произошло благодаря совпадению ряда факторов, в результате чего небольшое отверстие в противоположной стене палатки выступило в роли линзы.

Около 336–323 гг. до н. э. Аристотель достаточно подробно размышлял о природе света. Он отделял свет от вещества и отмечал, что некоторые объекты обладают прозрачностью, но это свойство имеет значение только в случае присутствия света. Такие представления уже могли допускать саму идею о физически обоснованном ДЗ.

Наиболее важным изобретением древних времен, которое формально можно считать первым средством ДЗ, является камера-обскура. Принцип действия камеры-обскуры впервые объяснил арабский физик и математик X в. Ибн ал-Хайсам (Альхазен). При этом он сделал важный вывод о том, что общепринятая в то время теория распространения света (согласно которой лучи света исходят из глаз и как бы ощупывают объект) не соответствует действительности.

Изначально камера-обскура представляла собой комнату, полностью изолированную от света, за исключением небольшого отверстия в стене. Образы из внешнего мира, дома, деревья, люди и т. д., могли быть спроецированы в перевернутом виде на стене или экране, расположенном напротив отверстия. В XIII в. Роджер Бэкон привнес в науку принципы использования камеры-обскуры для астрономических наблюдений, камера-обскура стала популярным инструментом для безопасного просмотра солнечного затмения.

В 1490 г. Леонардо да Винчи подробно описал действие камеры-обскуры.

С течением времени камера-обскура уменьшалась в размерах, пока не стала небольшим переносным устройством. Она оснащалась объективом и зеркалом, отражающим изображение в нужном направлении на экран для просмотра. Оснащенная таким образом камера помогала художникам в создании эскизов на месте. Принципиальным моментом в данном случае являлось то, что не было способа непосредственной записи изображения, это и сдерживало дальнейшее развитие методов ДЗ.

В 1614 г. Анджело Сала обнаружил, что соли серебра темнеют при воздействии солнечного света. Это открытие имеет принципиальное значение для последующего развития фотографии.

В 1666 г. Исаак Ньютон, экспериментировавший в то время с призмой, обнаружил, что с ее помощью свет может быть разложен на разноцветные составляющие. Используя вторую призму, он обнаружил, что образовавшиеся цвета можно повторно объединить в белый цвет. Возникает понятие о спектре. Отметим, что в настоящий момент мультиспектральные и гиперспектральные методы аэрокосмических исследований Земли являются наиболее эффективными [1, 2, 3].

В 1777 г. Карл Вильгельм Шееле обнаружил, что хромат серебра, темнеющий под воздействием солнечного света, может быть смыт аммиаком. При этом остаются темные неэкспониро-

ванные кристаллы хромата серебра, тем самым формируя «фиксированное» изображение, являющееся предшественником фотоматериалов. Здесь необходимо отметить, что впоследствии, с момента возникновения аэрофотосъемки и почти до конца XX столетия, фотоматериалы являлись основным носителем информации, получаемой при помощи аэрокосмических методов исследования Земли.

В 1800 г. Уильям Гершель показал наличие инфракрасного излучения (ИК), поместив термометр сразу за красной полосой видимого спектра, полученного при помощи призмы. На сегодняшний день аэрокосмические изображения, полученные в инфракрасной части спектра электромагнитных волн, являются одними из самых информативных для решения задач мониторинга растительных ресурсов [1, 2].

В 1802 г. Томас Юнг выдвинул основные положения концепции Юнга–Гельмгольца о теории цветного зрения на основе трех отдельных наборов колбочек в сетчатке глаза, «настроенных» на красный, синий и зеленый цвета.

В 1827 г. Жозеф Нисефор Ньепс отснял (сфотографировал, записал) первые картины из окна с видом на французскую деревню с помощью камеры-обскуры и асфальтового лака (битума), растворенного в животном масле. Этот раствор он наносил на пластину из стекла, меди или сплава олова со свинцом и экспонировал ее в камере-обскуре несколько часов при ярком солнечном свете (получался так называемый гелиографический снимок). Это событие можно считать первым фактом автоматической записи информации в процессе ДЗ. Пример снимка Ньепса приведен на рис. 1.

В 1839 г. Дагер и Ньепс представили общественности «дагерротипию» – изобретение, позволявшее выполнить съемку с получением одного позитивного изображения. В качестве фотоматериала использовали посеребренную медную пластинку, обработанную парами йода, в результате чего образовывался тончайший слой светочувствительного йодистого серебра.

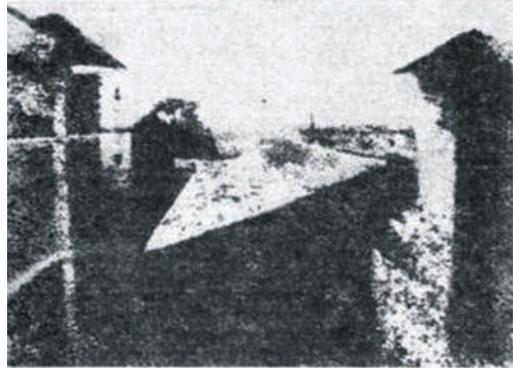


Рис. 1. Гелиографический снимок Ньепса

Под действием света в этом слое возникало скрытое изображение, которое проявляли парами ртути и закрепляли раствором тиосульфата натрия.

В это же время Уильям Генри Фокс Тальбот изобрел новый способ фотографирования – с негативно-позитивным процессом. На светочувствительном материале (бумага, пропитанная нитратом серебра и раствором соли) получалось негативное изображение, с которого можно было получить неограниченное число позитивных копий.

В 1841 г. Тальбот зарегистрировал патент на негативно-позитивный способ создания фотоснимков. Для съемки он использовал йодосеребряную бумагу, проявлял ее с помощью нитрата серебра, фиксировал с помощью тиосульфата натрия. Получившийся негатив он опускал в емкость с воском, который делал снимок прозрачным. После этого он накладывал прозрачный негатив на чистую йодосеребряную бумагу, экспонировал его и после проявления и фиксации получал позитивную копию [17].

Запатентованное изобретение Тальбота, по сути, является фотографическим процессом в его современном понимании. С точки зрения ДЗ это изобретение позволяло проводить автоматизированную запись информации об объектах, находящихся на расстоянии.

Дальнейшие исследования и разработки в этой области были направлены на улучшение технологических аспектов процесса фотографирования и его удешевление. Вскоре была увеличена чувствительность фотоматериалов (снижено время необходимого экспонирования). Особый вклад в решение этих задач внесли Ньепс де Сен-Виктор (родственник Джозефа Нисефора Ньепса) и Фредерик Скотт Арчер [17].

Несмотря на то что к 1840-м гг. наука и техника позволяли производить запись полей электромагнитного излучения видимой части оптического диапазона спектра в виде фотографий, изучение природы механизма передачи этой информации было фактически на начальном уровне. Понятие электромагнитных волн только зарождалось. Одним из наиболее продуктивных ученых, работавших в этом направлении, был Джеймс Клерк Максвелл. В 1855 г. он разработал теорию цвета и количественный подход к рассмотрению зрительного цветового восприятия. Несколько позже он выпустил знаменитую работу «Динамическая теория поля», в которой им делаются важные обобщения и открытия, связанные с электромагнитным полем. Однако значимость этой работы научная общественность того времени поняла не сразу [15, 17]. В современном контексте аэрокосмических исследований Земли уравнения Максвелла, описывающие электромагнитное поле, являются фундаментальными.

### ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ АЭРОСЪЕМКИ ЗЕМЛИ

Аэросъемка Земли предполагает ДЗ подстилающей поверхности, осуществляемое с воздушного носителя. В этом процессе могут быть выделены две технологические составляющие. Одна из них связана с обеспечением воздушного полета аппаратуры ДЗЗ, другая — с функционированием этой аппаратуры [1, 2, 10].

Воздухоплавание возникло в 1783 г., активно развивалось и продолжает развиваться

в настоящее время. Родиной воздухоплавания, как и родиной фотографии, была Франция [12, 17, 18].

Как видно из предыдущей части статьи, первый в истории способ ДЗ с автоматической фиксацией результата (фотографирование) стал доступен в виде законченного технологического решения только через несколько десятилетий после возникновения воздухоплавания. Значит фактором, сдерживающим возникновение аэросъемки, было отсутствие аппаратуры ДЗ. В этой части статьи приводится краткая хронология основных событий, связанных с возникновением и развитием аэросъемки Земли (до момента возникновения космической съемки). Последовательность построена на основе обзора американских исследователей из Университета Калифорнии [17].

В 1858 г. Гаспер Феликс Турнашон (Надар) получает первый аэрофотоснимок Парижа с привязного аэростата с высоты более 350 м (рис. 2).

В 1861 г. фотограф Томас Саттон вместе с Джеймсом Кларком Максвеллом продемонстрировали методы получения цветного изображения с использованием красного, синего, зеленого и лимонного светофильтров.



Рис. 2. Первое фотографическое изображение земной поверхности (Париж), полученное с привязного аэростата

В 1873 г. Герман Фогель обнаружил, что путем замачивания галогенидов серебра (чувствительных к синему свету) в различных красителях светочувствительность может быть смещена в сторону более длинных волн, что привело к открытию возможности получения снимков в ближней инфракрасной зоне электромагнитного спектра.

В 1887 г. в Германии начали эксперименты по аэрофотосъемке и фотограмметрической обработке съемочных материалов для измерения метрических характеристик участков лесов.

В 1889 г. Артур Батут сделал первый аэрофотоснимок с использованием воздушного змея.

В 1897 г. Альфредом Нобелем был получен первый аэрофотоснимок с использованием ракеты (рис. 3).



Рис. 3. Первый аэрофотоснимок земной поверхности, полученный с использованием ракеты

В 1899 г. Джордж Истман выпустил нитроцеллюлозную пленку, которая позволяла без потери качества снимков заменить стеклянные пластины, используемые в то время в качестве подложки для фотоматериалов. В этом же году была представлена первая камера фирмы Kodak.

В 1900 г. Макс Планк открыл кванты и дал математическое описание абсолютно черного тела, заложив основу для последующего развития квантовой механики.

В 1903 г. баварские военные использовали голубей для получения аэрофотоснимков, а Юлия Нейбронн запатентовала установку фотокамеры на груди у голубя (рис. 4).

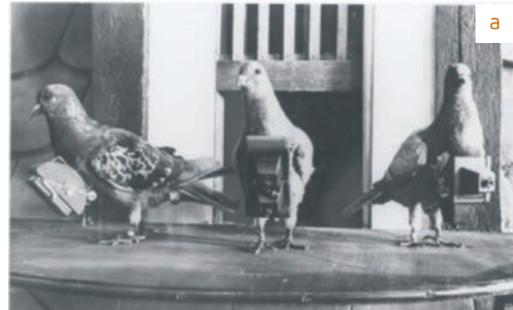


Рис. 4. «Голуби-аэрофотосъемщики» с установленным оборудованием (а) и пример аэрофотоснимка, полученного при помощи голубя (б)

В 1903–1904 гг. состоялись знаменитые полеты Уилбура и Орвилла Райт (братьев Райт). Они впервые поднялись в воздух на самолете, используя горючее топливо.

В 1906 г. Альберт Мол получил аэрофотоснимок с высоты около 800 м с использованием реактивной ракеты, работающей на сжатом воздухе. Камера была возвращена на землю на парашюте. В этом же году Г. Р. Лоуренс, экспериментировавший с камерами (некоторые из них весили сотни килограммов) производил аэрофотосъемку землетрясения в Сан-Франциско с высоты около 600 м.

В 1907 г. Огюст и Луи Люмьер разработали простую систему цветной фотографии и реализовали ее в 35-миллиметровом стандарте.

В 1909 г. Уилбур Райт получил первые аэрофотоснимки с использованием самолета.

В 1915 г. лейтенантом-полковником Браброном в сотрудничестве с Thornton Pickard Ltd. были разработаны и изготовлены первые аэрофотоаппараты.

К 1918 г. французские военные в периоды интенсивной деятельности могли получать тысячи аэрофотоснимков в сутки. Во время Мез-Аргонского наступления в течение четырех дней было оперативно сделано 56 тыс. отпечатков аэрофотоснимков.

В 1919 г. началась канадская программа картирования лесов с использованием аэросъемки.

В 1920 г. появились первые книги по дешифрированию аэроснимков.

В 1924 г. Mannes и Godousky запатентовали многослойную фотопленку.

В 1931 г. капитан Альберт В. Стивенс развил инфракрасную чувствительность фотопленки.

В 1934 г. впервые вышел в свет журнал Photogrammetric Engineering (Техника фотограмметрии), основанный Американским обществом фотограмметрии. Этот журнал был позже назван Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (Техника фотограмметрии и дистанционное зондирование).

В 1936 г. Стивенс вместе с капитаном Андерсоном получил первые фотографии фактической кривизны Земли со свободно летящего воздушного шара с высоты 22 065 м.

В 1942 г. Kodak запатентовал первую псевдоцветную ИК-чувствительную пленку.

Вторая мировая война привела к резкому развитию аэрофотосъемки и методов интерпретации аэрофотоснимков. Германия впервые применила аэрофоторазведку для решения таких задач, как обнаружение и идентификация вражеской техники, оценка глубин для высадки морского десанта, оценка характеристик растительности и показателей проходимости территорий и др. До начала космических исследований Земли оставалось несколько лет [12, 17, 18].

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ЗЕМЛИ

Развитие космической съемки Земли тесно связано с развитием космонавтики. Возможность проведения съемки земной поверхности из космоса, в отличие от возможности проведения аэросъемки, сдерживалась не отсутствием съемочного оборудования. Основной проблемой было само по себе достижение космического пространства. Эта проблема начала разрешаться в середине XX в., при этом необходимо отметить решающую роль великих русских ученых К. Э. Циолковского и С. П. Королева, разработавших основы теоретической и практической космонавтики соответственно [7, 16, 17, 18]. Из предыдущей части статьи видно, что ракеты использовались для дистанционных исследований земной поверхности и ранее, на этапе возникновения и развития аэросъемки, однако космоса они не достигали.

Развитие космической съемки Земли также тесно связано с изобретением и совершенствованием приемников излучения различного типа. Рассмотрение истории развития приемников излучения является отдельной объемной задачей. В этой статье мы только лишь кратко упомянем, что еще в 1911 г. берлинские ученые использовали фотодиоды для регистрации явления солнечного затмения, наблюдавшегося в Египте. Революционное изменение ситуации произошло с появлением твердотельных полупроводниковых приемников нового поколения. Квантовая эффективность современных полупроводниковых приемников излучения достигает 95–98%, т. е. регистрируется практически каждый фотон, попадающий на приемник. В конце 1950-х гг. были найдены и развиты технологии, которые обеспечивали низкую плотность дефектов и примесей в поверхностном слое полупроводника. Тем самым были заложены предпосылки для изобретения приборов с зарядовой связью (ПЗС). В конце 1960-х гг. были созданы первые ПЗС, в которых

технология твердотельных приемников проявилась особенно успешно. Впервые устройство, способное сохранять и затем считывать электронные заряды, было разработано двумя сотрудниками известной телефонной корпорации Bell в конце 1960-х гг. В 1972 г. группа американских ученых из Лаборатории реактивного движения NASA основала программу развития приемников электромагнитного излучения для астрономии и космических исследований. Три года спустя совместно с учеными университета Аризоны эта команда получила первое ПЗС-изображение астрономического объекта – Урана [9].

Отдельно следует отметить, что возникновение и развитие космических методов исследования Земли, наряду с применением приемников излучения, неразрывно связаны с применением активных средств дистанционного зондирования, в первую очередь радиолокаторов. В 1954 г. в США был разработан первый радиолокатор бокового обзора, предназначенный для размещения на борту летательного аппарата [17].

Вернемся к описанию хронологии возникновения и развития космических исследований Земли.

До конца 1950-х гг. космическая съемка поверхности Земли осуществлялась с высот до 200 км исключительно с использованием аппаратуры, устанавливаемой на баллистических ракетах и зондах. Первый фотоснимок земной поверхности из космоса был получен при помощи фотоаппарата, установленного на баллистической ракете Fau-2 германского производства, запущенной в 1945 г. с американского ракетного полигона White Sands. Ракета достигла высоты 120 км, после чего фотоаппарат с отснятой пленкой был возвращен на Землю в специальной капсуле [7, 18].

В 1954 г. совершил первый полет американский самолет-разведчик Локхид U-2, способный летать на высотах до 20 км. Полеты на такой высоте можно рассматривать как нечто промежуточное между космическими полетами

и воздухоплаванием. Выполняя разведывательные задачи, U-2 демонстрировал высочайшую эффективность. Несколько лет он являлся неуязвимым для военных СССР. Перехват U-2 удался только в 1960 г.

4 октября 1957 г. в СССР был запущен «Спутник-1» — первый в мире искусственный спутник Земли (ИСЗ). США запустили свой первый спутник в январе 1958 г.

1 апреля 1960 г. был произведен запуск первого оперативного метеорологического спутника Tiros-1 (США). Это событие можно считать одним из наиболее знаковых в истории развития методов аэрокосмических исследований Земли. Tiros-1 исправно и систематически передавал информацию на Землю по радиоканалу. Аналогичным образом осуществляется передача информации со всех современных спутников.

В 1960-х гг. разведка США начала систематически получать фотографии с Земли с ИСЗ системы Согона.

12 апреля 1961 г. Ю. А. Гагарин стал первым человеком, совершившим космический полет. Вскоре после полета Ю. А. Гагарина в августе 1961 г., с борта корабля «Восток-2» летчик-космонавт СССР Г. С. Титов впервые выполнил «ручное» фотографирование Земли из космоса [11].

В 1964 г. в США было положено начало развертыванию системы метеорологических ИСЗ Nimbus.

25 июня 1966 г. в СССР был запущен первый оперативный метеорологический ИСЗ [7].

Остановимся несколько подробнее на начальных этапах отечественной истории космических исследований Земли.

В июне 1970 г. летчики-космонавты СССР А. Г. Николаев и В. И. Севастьянов выполнили космические фотосъемки Кавказа, Средней Азии, Каспийского моря, Западного Устьярта и других объектов с борта космического корабля «Союз-9». В период их полета впервые проведены подспутниковые эксперименты с целью

отработки методики дешифрирования космических снимков. По снимкам с «Союз-9» были составлены космические фотокарты масштаба 1:1 000 000, проведено обновление основных элементов общегеографических карт Прикаспия и, в частности было установлено, что площадь водного зеркала залива Кара-Богаз-Гол за предшествовавшее десятилетие уменьшилась на 7 тыс. кв. км [11].

Орбитальная станция «Салют-1» (1971) была оснащена различной аппаратурой для фотографирования Земли, в том числе широкоформатной камерой с размерами кадрового окна 180x180 мм. Разномасштабные съемки, проведенные экипажем в составе Г. Г. Добровольского, В. Н. Волкова, В. И. Пацаева, позволили сделать вывод о целесообразности использования для космических исследований Земли комплекса съемочных материалов с различными параметрами (масштаб, пространственное разрешение и др.), уточнить значение эффекта оптической генерализации для дешифрирования природных объектов различных размеров и спектральных характеристик. В дальнейшем программы полетов всех советских пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций предусматривали производство съемок как в экспериментальных, так и в прикладных целях [11].

Важным этапом для космических исследований Земли и картографии стал полет корабля «Союз-12» (1973). На нем была впервые установлена специальная фотоаппаратура для многозональной съемки. Летчики-космонавты СССР В. Г. Лазарев и О. Г. Макаров выполнили значительный объем съемок в шести и девяти зонах спектра электромагнитных волн. Этим полетом была доказана эффективность космического многозонального зондирования в целях картографирования, геологических исследований, изучения растительности, почв, морских мелководий, дешифрирования природных образований по их спектральной отражательной способности. В результате дешифрирования многозональных снимков

с «Союза-12» впервые осуществлено экспериментальное комплексное картографирование, обнаружены нефтегазоносные структуры, неизвестные ранее разломы земной коры, пустынные территории с неглубоко залегающими пресными грунтовыми водами [11].

Материалы таких съемок дали ощутимые народно-хозяйственные результаты. Например, по космическим изображениям, которые получены на «Салюте-3» (время работы станции — 1974–1975 гг.) П. Р. Поповичем и Ю. П. Артюхиным, определены в одном из районов страны 67 нефтегазоносных структур, в том числе подводных, ряд пересечений крупных разломов, перспективных для постановки разведочных работ на ценные полезные ископаемые [11].

На орбитальной станции «Салют-4» (1974–1977) находилось 12 фотографических систем различных типов — стационарных, переносных, многозональных, широкоформатных и малокадровых. Многозональная и разномасштабная съемка с «Салюта-4» покрыла около 4,5 млн кв. км юга нашей страны. На ее основе создан ряд региональных фотокарт, охватывающих Северный Прикаспий, Кыргызстан, Таджикистан, Крымский полуостров, Калмыкию и др. [Киенко, 1999].

Летчики-космонавты СССР Б. В. Воинов, В. М. Жолобов, В. В. Горбатко и Ю. Н. Глазков на орбитальной станции «Салют-5» (1976–1977), наряду со ставшей традиционной фотографической съемкой, выполняли комплексные визуальные наблюдения природных образований с применением оптических визирных устройств. Опыт показал, что визуальные наблюдения космонавтов за быстропротекающими природными процессами, стихийными явлениями в сочетании со съемкой дают ценный материал для контроля за состоянием окружающей среды [11].

Целевой полет для многозональной съемки земной поверхности был выполнен на космическом корабле «Союз-22» (1976). Экипаж

в составе Б. Ф. Быковского и В. В. Аксенова доставил на Землю несколько тысяч изображений суши и водной поверхности в шести спектральных диапазонах. Для съемки использовался аппарат МКФ-6, разработанный совместно специалистами СССР и ГДР и изготовленный фирмой «Карл Цейсс Йена» [11].

На орбитальных станциях «Салют-6» (1977–1982) и «Салют-7» (1982–1991) успешно выполнены программы планомерных работ по дистанционному зондированию Земли. Эти программы составлялись по заказам многих отраслевых организаций. Они предусматривали выполнение съемок стационарными аппаратами КАТЭ-140, МКФ-6 и переносной фотоаппаратурой, а также производство значительного объема визуальных наблюдений [11].

С борта орбитальной станции «Салют-6» 11 и 26 сентября 1978 г. аппаратом КАТЭ-140 впервые выполнена конвергентная съемка — фотографирование заданной территории с разных точек орбиты. Этот эксперимент поставлен с целью определения возможностей повышения точности определения абсолютных высот точек местности по результатам измерений космических снимков с оптимальным углом фотограмметрической засечки. Указанная задача обрабатывалась для создания высотного обоснования топографических карт и фотограмметрического сгущения опорных геодезических сетей на больших площадях [11].

В целом можно говорить о том, что начиная с 1970-х гг. прошлого столетия, космическая фотосъемка земной поверхности была освоена в СССР и в США. Из военных и метеорологических космических систем выделился отдельный кластер ИСЗ, предназначенных для исследования природных ресурсов. Это особый род задач, для которых высокая детализация получаемых изображений не столь важна, как периодичность, большой пространственный охват и разнородность типов получаемых данных. В этой связи возникают и развиваются новые направления космических исследований

и методов ДЗЗ, которые предполагают использование на борту ИСЗ оптико-электронных камер и сканеров, радиолокаторов, лидаров, СВЧ-радиометров, радиовысотометров [1, 2, 15].

Первый оперативный спутник ДЗ (т. е. спутник, передающий результаты ДЗ на Землю оперативно по радиоканалу) с оптико-электронной системой ДЗЗ, предназначенный для исследования природных ресурсов, был запущен в США еще в 1972 г. Это можно считать прорывным достижением. Спутник ERTS-1 (позже переименован в Landsat 1) исправно передавал по радиоканалу информацию (цифровые изображения), полученную при помощи многоспектрального сканера MSS. Был достигнут качественно новый уровень космических исследований Земли. ERTS-1 (Landsat 1) явился началом как для всей обширной космической программы США по исследованию природных ресурсов, так и для отдельной крайне эффективной миссии спутников типа Landsat [1, 2, 16, 17]. К настоящему моменту на орбиту запущен уже восьмой спутник этой миссии — Landsat 8.

История развития отечественных методов космических исследований Земли, напротив, характеризуется замедленным переходом от фотографических систем к оптико-электронным. Задачи космической фотосъемки Земли, отработанные в СССР на пилотируемых космических аппаратах, постепенно перекладывались на автоматические беспилотные космические аппараты. Вначале это были спутники серии «Космос», а в дальнейшем — космические аппараты системы «Ресурс». Внедрение оперативных оптико-электронных систем происходило в замедленном по сравнению с США темпе. Тем не менее здесь следует отметить успех СССР в области космической радиолокации. С отечественных космических аппаратов «Космос-1870» и «Алмаз-1» при помощи радиолокаторов с синтезированной апертурой были получены высококачественные радиолокационные изображения земной поверхности, которые использовались

в интересах обороны и экономики. Космическая радиолокационная программа прервалась в связи с тяжелой экономической ситуацией после распада СССР [1, 2, 7, 11].

Начиная с 1980-х гг. космические исследования Земли перестают быть приоритетом двух супердержав. Свои ИСЗ запускают европейские страны, Япония, Индия, Канада, Израиль и др. Появляются коммерческие программы ДЗЗ. Облик систем ДЗЗ начинает обретать современный вид.

### СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ

В современных системах дистанционного зондирования наиболее часто регистрируются электромагнитная энергия, излучаемая или отражаемая исследуемыми объектами, хотя могут измеряться и другие поля, характеризующие свойства этих объектов: напряженность магнитного поля, параметры гравитационного поля, интенсивность гамма-излучения [1, 2].

Дистанционные методы зондирования окружающей среды в зависимости от типов регистрируемых физических полей могут быть классифицированы [1, 2] на:

- методы, измеряющие характеристики электромагнитного поля;
- магнитометрические методы;
- гравиметрические методы;
- методы, основанные на регистрации потока частиц.

В свою очередь, методы, основанные на измерениях характеристик электромагнитного поля, подразделяются на пассивные, регистрирующие отраженное и рассеянное солнечное излучение или вторичное тепловое излучение объектов, и активные, регистрирующие отраженное и рассеянное излучение, создаваемое искусственными источниками [1, 2].

Данные дистанционного зондирования Земли используются для: проведения исследований в интересах наук о Земле (геология,

геофизика, науки о гидросфере и атмосфере, география); исследования и рационального использования природных ресурсов; охраны окружающей среды; предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (природные катастрофы и техногенные аварии); метеорологии и климатологии; лесного и сельского хозяйства; градостроительства, транспорта, энергетики; создания карт, кадастров различных объектов, формирования геоинформационной продукции и др. [1, 2, 3, 5].

Наиболее наукоемкими являются космические исследования Земли, тогда как аэросъемка используется в основном для решения рутинных, хорошо отработанных задач, главной из которых является картографирование территорий в крупных масштабах [1, 2].

В настоящее время более 50 стран мира осуществляют изготовление космических аппаратов и их запуски, реализуя свой научно-технический потенциал. Более 150 стран пользуются результатами космической деятельности. При этом ДЗЗ является одним из наиболее важных направлений такой деятельности [6].

На сегодняшний день прослеживается тенденция перехода от дорогостоящих спутников-комбайнов, несущих большое количество аппаратуры, к комплексам («созвездиям») более легких спутников, оснащенных меньшим количеством приборов. Своеобразной визитной карточкой современного космического ДЗЗ является околоспутниковая (порядка 1 м) разрешающая способность на местности. При этом такие показатели достигнуты как для оптических, так и для радиолокационных спутниковых изображений [8]. Тем не менее область применения столь детальных изображений ограничена, поэтому данные среднего и низкого разрешения продолжают широко и эффективно использоваться. Именно в таких данных реализуются одни из основных преимуществ космической съемки — широкий обзор и эффект естественной генерализации [1, 2, 3].

Использование результатов космической деятельности в области ДЗЗ связано с применением высоких наукоемких технологий. Поэтому этот вид деятельности наиболее восприимчив к инновациям и требует внедрения самых последних достижений фундаментальной и прикладной науки. Бурный прогресс космических технологий в сочетании с развитием компьютерных технологий, методов математического моделирования, средств обработки информации, телекоммуникаций, электронной техники, методов управления базами данных, специализированного программного и геоинформационного обеспечения способствует тому, что за последнее 25-летие аэрокосмические исследования Земли обрели высокую эффективность. Характерной чертой ДЗЗ являются высокие темпы развития и быстрота получения практических экономических эффектов [3, 5]. Еще в СССР, по некоторым оценкам, учтенный экономический эффект от применения материалов космических съемок в виде прямой экономии, предотвращенных затрат или предотвращенного ущерба составил сотни миллиардов рублей [11].

В общем случае, для решения задачи обеспечения систематического обзора Земли из космоса на современном этапе развития необходимы следующие технологические составляющие [1, 2, 7]:

- 1) носители съемочной аппаратуры (ИСЗ);
- 2) аппаратура ДЗ;
- 3) бортовые средства передачи данных на Землю по радиоканалу;
- 4) наземные комплексы приема информации, ее обработки и предоставления потребителям.

Необходимо отметить, что характерной чертой современных аэрокосмических исследований Земли является критическая значимость методов и технологий обработки аэрокосмической информации. Именно разнообразие методов обработки позволяет получать различные значимые характеристики подстилающей поверхности даже в условиях ограниченного набора исходных данных. К выдающимся современным методам

обработки данных ДЗЗ можно отнести метод дифференциальной интерферометрии, метод дистанционной пространственно-частотной спектрометрии, методы моделирования полей излучений на входе аппаратуры ДЗЗ, методы численного решения обратных задач ДЗЗ, радиолокационные поляриметрические методы и др. [1, 2, 3, 6, 14].

Современный этап развития средств дистанционного зондирования характеризуется широким использованием в качестве аппаратуры ДЗЗ оптико-электронных приборов и систем (ОЭС). Характерной особенностью таких устройств является осуществляемое в них преобразование оптического излучения, содержащего полезную информацию об объектах исследования, в электрический сигнал. Применение фотографических систем, в которых информация фиксируется на фотопленку и представляется в виде черно-белого, цветного или синтезированного (спектрозонального) изображения, практически прекращено. Однако в некоторых случаях их использование еще может быть оправданным, в частности при аэросъемке [1, 2, 3, 7, 10, 13].

К современным ОЭС, используемым в настоящее время для аэрокосмических исследований Земли, можно отнести панхроматические и многоспектральные камеры, сканирующие радиометры, лидары и другие приборы ДЗ. Применение в ОЭС различных приемников излучения, преобразующих оптический сигнал в электрический, позволяет работать в широком диапазоне спектра электромагнитных волн. Работа ОЭС происходит в автоматическом режиме, что определяет их высокое быстродействие и оперативность выдачи информации. Современные ОЭС представляют информацию в цифровом виде, предназначенном для обработки в ЭВМ, что, в свою очередь, позволяет осуществлять ее автоматическую или автоматизированную обработку. Структура ОЭС позволяет эффективно осуществлять фильтрацию сигнала, т. е. выделение полезной информации на фоне различных помех, в результате чего можно

получить высокое пространственное и спектральное разрешение, высокую энергетическую чувствительность [1, 2, 3, 13].

Отдельно следует обратить внимание на современные радиолокаторы ДЗЗ. Они работают по принципу синтезирования апертуры (радиолокаторы с синтезированием апертуры — РСА), что позволяет на несколько порядков улучшить их разрешающую способность. В частности, современные космические РСА позволяют достичь околосветовой разрешающей способности на местности, обеспечивая такой же уровень детальности, как и космические оптические изображения. При этом радиолокационная съемка может осуществляться вне зависимости от погодных условий и времени суток, а современная группировка космических РСА позволяет осуществлять несколько съемок объекта в сутки в различных диапазонах длин волн [1, 2, 4, 8].

Важной чертой современного этапа развития аэрокосмических исследований Земли является нарастание интереса и осведомленности общественности по этой тематике. Этому во многом способствуют интернет-сервисы, на которых изображения ДЗЗ, полученные как с космических, так и с воздушных носителей, выложены для открытого просмотра. Примером наиболее развитого интернет-сервиса, базирующегося на результатах аэрокосмических съемок, является проект Google Earth (<http://www.google.com/earth>). Кроме того, данные, получаемые со спутников системы EOS (Earth Observation System – система наблюдений Земли), а также некоторые другие данные, имеющие высокую научную ценность, открыты для свободного использования, что способствует вовлечению широкого круга исследователей в процесс их обработки и анализа. Еще одним значимым фактором, обеспечивающим внедрение аэрокосмических методов и технологий исследования Земли в повседневную жизнь людей, является использование данных ДЗЗ в образовании. Опыт такой деятельности есть как в России, так и в других странах [1, 2, 16, 17].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение отметим, что с момента возникновения аэрокосмических методов исследования Земли прошло уже более полутора веков. Все это время наблюдалась устойчивая тенденция к увеличению степени значимости данных, получаемых при помощи таких методов, а также расширение сферы их использования. Это в первую очередь обусловлено научным прогрессом и постоянным совершенствованием методов и технологий, применяемых при аэрокосмических исследованиях Земли, что в итоге обеспечило постоянное улучшение потребительских свойств аэрокосмических данных.

Создаются и эксплуатируются новые, все более совершенные космические системы пассивного и активного дистанционного зондирования, функционирующие как в оптическом, так и в радиодиапазонах спектра электромагнитных волн. Для решения определенного круга задач остается востребованной и продолжает использоваться аэросъемка. Наиболее эффективной аппаратурой ДЗЗ являются ОЭС различного типа, а также РСА.

Если в 1960-е гг. Советский Союз был единственной в мире страной, использующей ИСЗ для съемок Земли в интересах народного хозяйства, то теперь десятки стран мира осуществляют изготовление и запуска космических аппаратов такого назначения, реализуя свой научно-технический потенциал. Свои космические программы по исследованию Земли выполняют такие страны, как США, Франция, Германия, Италия, Япония, Индия, Канада и др., при этом приоритет России в этом направлении был утерян. Созданы кооперации ряда стран по производству космической техники, ее использованию для исследования нашей планеты. Возрастает экономическая эффективность космической информации за счет использования прогрессивных технологий обработки и интерпретации спутниковых съемок.

В сложившихся условиях критическое значение имеют методы и технологии обработки

аэрокосмической информации. Именно они позволяют на основании данных ДЗЗ получать итоговые информационные продукты для дальнейшего использования в различных приложениях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондур В.Г. Модели полей излучения для систем дистанционного зондирования. Курс лекций. – М.: Московский государственный университет геодезии и картографии. – 2008. – 389 с.
2. Бондур В. Г. Основы аэрокосмического мониторинга окружающей среды. Курс лекций. – М.: Московский государственный университет геодезии и картографии. – 2008, – 369 с.
3. Бондур В. Г. Современные подходы к обработке гиперспектральных аэрокосмических изображений // *Материалы научно-технической конференции «Гиперспектральные приборы и технологии»*. 17–18 января 2013. – Красногорск. – 2013. – С. 14–18.
4. Бондур В. Г. Космический радиолокационный мониторинг морских акваторий в районах добычи и транспортировки углеводородов / В. Г. Бондур, В. В. Замшин // – С. 257–273 в кн. «Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса» / под ред. Бондура В.Г. – М.: Научный мир. – 2012. – 692 с.
5. Бондур В. Г. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф / В. Г. Бондур, В. Ф. Крапи-вин, В. П. Савиных // – М: Научный мир. – 2009. – 692 с. – 22 цв. ил.
6. Бондур В. Г. О применении суперкомпьютеров для обработки потоков аэрокосмических изображений / В. Г. Бондур, А. А. Резнев // *Материалы 2-й Всероссийской научно-технической конференции «Суперкомпьютерные технологии»*, Дивноморское, Геленджик. – 2012. – С. 338–345
7. Гарбук С. В. Космические системы дистанционного зондирования Земли / С. В. Гарбук, В. Е. Гершензон // – М.: Издательство А и Б. – 1997. – 296 с.
8. Замшин В. В. Методы определения линейной разрешающей способности оптических и радиолокационных аэрокосмических изображений. // *Известия ВУЗов. Геодезия и Аэрофотосъемка*. – 2014. – №1. – С. 43–51.
9. История развития (приборы с зарядовой связью). – 2013. – <http://schools.keldysh.ru>
10. Кашкин В. Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений / В. Б. Кашкин, А. И. Сухинин // – М.: Логос. – 2001. – 246 с.
11. Киенко Ю. П. Основы космического природоведения: Учеб. для вузов. – М.: "Картгеоцентр-Геодезиздат". – 1999. – 285 с.
12. Матиясевич Л. М. Аэрофоторазведка. Прошлое-настоящее-будущее // *Исследование Земли из космоса*. – №4. – 2012. – С. 78–84.
13. Савиных В. П. Оптико-электронные системы дистанционного зондирования: Учеб. для вузов / В. П. Савиных, В. А. Соломатин // – М.: Недра. – 1995. – 315 с.
14. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Том 9. Сборник научных статей. Под редакцией академика РАН Лаверова Н. П. – М.: ИКИ РАН. – 2012
15. Соломатин В. А. История науки. Учебное пособие. – М.: ПЕР СЭ. – 2003. – 352 с.
16. Шахраманьян М. А. Космические образовательные технологии: инвестиции в будущее (теория и практика) / М. А. Шахраманьян, И. И. Тюхов, Н. С. Вощенкова // – Калуга: Институт повышения квалификации работников образования. – 2009. – 776 с.
17. Estes J., Hemphill J. Some Important Dates in the Chronological History of Aerial Photography and Remote Sensing. UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SANTA BARBARA. Department of Geography. Rev. 2005 (by J. Hemphill)
18. The Remote Sensing Tutorial. Nicholas m. Short. USA. EOS-Goddard Program Office – 2005.

Материал предоставлен В. В. Замшиным, аспирантом МИИГАиК

# 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><b>ООО «Компания СОВЗОНД»</b>          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" data-bbox="438 966 1160 1049"> <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>	Название журнала	Количество номеров	Сумма	Геоматика			Плательщик	Дата	
Название журнала	Количество номеров	Сумма								
Геоматика										
Плательщик	Дата									
Кассир	<p><b>ООО «Компания СОВЗОНД»</b>          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" data-bbox="438 1326 1160 1409"> <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>	Название журнала	Количество номеров	Сумма	Геоматика			Плательщик	Дата	
Название журнала	Количество номеров	Сумма								
Геоматика										
Плательщик	Дата									
Кассир										



# ПОИСК СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ\* [catalog.sovzond.ru](http://catalog.sovzond.ru)

\* Поиск спутниковых снимков по космическим аппаратам: QuickBird, WorldView-1, WorldView-2, WorldView-3, Ikonos, GeoEye, Pleiades, RapidEye, Alos, Deimos-1, TerraSAR, Монитор-Э, Ресурс-ДК, Ресурс-Ф и др.



**Компания «Совзонд»**  
115563, Москва, ул. Шипиловская, 28А  
Тел.: +7(495) 642-8870, 988-7511, 988-7522  
Факс: +7(495) 988-7533  
E-mail: [sovzond@sovzond.ru](mailto:sovzond@sovzond.ru)

# 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](mailto:info@gisforum.ru)  
Web-site: [www.gisforum.ru](http://www.gisforum.ru)