

**В. В. Асмус** (ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 1976 г. окончил Московский институт электронного машиностроения по специальности «прикладная математика». После окончания института работает в ГУ «НИЦ «Планета». В настоящее время — директор ФГБУ «НИЦ «Планета». Доктор физ.-мат. наук, профессор.

**В. А. Кровотынцев** (ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 1970 г. окончил Севастопольский приборостроительный институт по специальности «радиоинженер». До 1988 г. работал в Морском гидрофизическом институте Академии наук Украины, далее в ФГБУ «НИЦ «Планета». В настоящее время — зав. отделом ГУ «Планета», кандидат физ.-мат. наук.

**В. В. Затыгалова** (ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 2003 г. окончила Московский государственный университет геодезии и картографии по специальности «геоинформационные системы». В ФГБУ «НИЦ «Планета» работает с 2010 г., в настоящее время — старший научный сотрудник, кандидат технических наук.

# Мониторинг олимпийских объектов «Сочи-2014» по данным ИСЗ «Канопус-В» и «Ресурс-П» с использованием ГИС-технологий

Район проведения Зимних Олимпийских игр «Сочи-2014» разделен на два кластера: прибрежный и горный. К прибрежному кластеру относится Олимпийский парк Сочи, расположенный на побережье Черного моря в Имеретинской низменности. Горный кластер расположен на южном склоне Большого Кавказа, который характеризуется значительной неоднородностью рельефа местности, и прежде всего повышенной крутизной и большим перепадом высоты над уровнем моря. По этой причине в этом районе наблюдается резкая смена ландшафта и климатических характеристик, что, в свою очередь, сопряжено с трудностями проведения оценок состояния природных объектов, которые необходимо учитывать при планировании олимпийских мероприятий, а также при прогнозировании изменений окружающей среды.

Эффективным источником информации о состоянии природной среды в районе проведения Олимпийских игр являются спутниковые данные высокого пространственного разрешения и результаты их обработки. С учетом сложности рельефа наблюдаемой территории, связанной с большими перепадами высот, крутыми склонами и изрезанностью хребтов и долин, с одной стороны, а также необходимости достижения максимальной наглядности представления геопространственных данных на изображении, с другой стороны, результаты обработки спутниковой информации высокого разрешения целесообразно представлять в виде трехмерных изображений в 3D-формате.

В период подготовки и во время проведения Зимних Олимпийских игр «Сочи-2014» (с января 2013 по март 2014 г.) в ФГБУ «НИЦ

«Планета» осуществлялся мониторинг горного и прибрежного кластеров расположения олимпийских объектов с российским космического аппарата высокого пространственного разрешения «Канопус-В». В 2014 г. спутниковый мониторинг дополнился данными высокого пространственного разрешения с еще одного российского космического аппарата — «Ресурс-П» (запущен 25 июня 2013 г.), который к тому времени завершил летные испытания и стал использоваться в интересах потребителей. Особенность спутникового мониторинга с использованием данных в оптическом диапазоне состоит в том, что космические изображения районов расположения олимпийских объектов должны быть получены при безоблачных погодных условиях. С учетом того, что количество съемок данных районов зависит от сочетания баллистических возможностей космических аппаратов и ширины захвата бортовой аппаратуры, с одной стороны, и наличия облачности на момент проведения съемки, с другой стороны, в указанный период было получено всего 14 безоблачных изображений (12 со спутника «Канопус-В» и 2 со спутника «Ресурс-П»).

Обработка безоблачных спутниковых изображений проводилась в геоинформационной системе (ГИС). До ввода информации в ГИС основная часть предварительной обработки данных со спутников «Канопус-В» и «Ресурс-П» производилась на НКПОР Европейского центра ФГБУ «НИЦ «Планета» в специализированном программном комплексе NormSAT версии 2.0. Выполнялись такие процедуры, как распаковка, радиометрическое и геометрическое совмещение полос, из которых сформировано спутниковое изображение, преобразование многоспектрального изображения к пространственному изображению панхроматического спектрального канала (приведенное пространственное изображение 3,5 м). На заключительном этапе выполнялась операция ортотрансформирование — преобразование спутнико-

вых изображений с учетом цифровой модели рельефа в систему координат заданной картографической проекции. В качестве цифровой модели рельефа использовались данные ASTER GDEM 2 с разрешением в плане 10–15 м. Далее спутниковые изображения в широко используемом стандартном формате Geotif экспортировались в геоинформационную среду ПО ArcGIS с целью воссоздания на момент проведения спутниковой съемки трехмерной модели местности.

Для реализации трехмерного моделирования (визуализации 3D-сцен) использовались приложения ArcGlobe и ArcScene. Трехмерная модель рельефа создавалась путем наложения ортотрансформированного спутникового изображения на цифровую модель рельефа GDEM 2. Данная операция позволила каждому пикселу спутникового изображения задать значения высоты и в соответствии с этими значениями смоделировать рельеф. Для более наглядного представления 3D-сцены на рельеф местности были нанесены трехмерные объекты. К ним в первую очередь относились олимпийские объекты, а также элементы инфраструктуры (жилые и административные здания, промышленные предприятия, ж/д станции, мосты и др.), объекты транспортной (железная дорога и автодорога) и гидрографической сети (прибрежная часть Черного моря, речная сеть, озера и др.). Для выполнения этой операции использовались имеющиеся в векторном виде планы местности г. Адлера, г. Сочи, г. Эсто-Садока и г. Красная Поляна. При этом объектовый состав зачастую уточнялся на основе спутниковой информации, т. е. новые объекты местности оцифровывались непосредственно со снимка. Трехмерная визуализация объектов выполнялась на основании правил, которые, используя атрибуты объектов, генерировали их внешний облик.

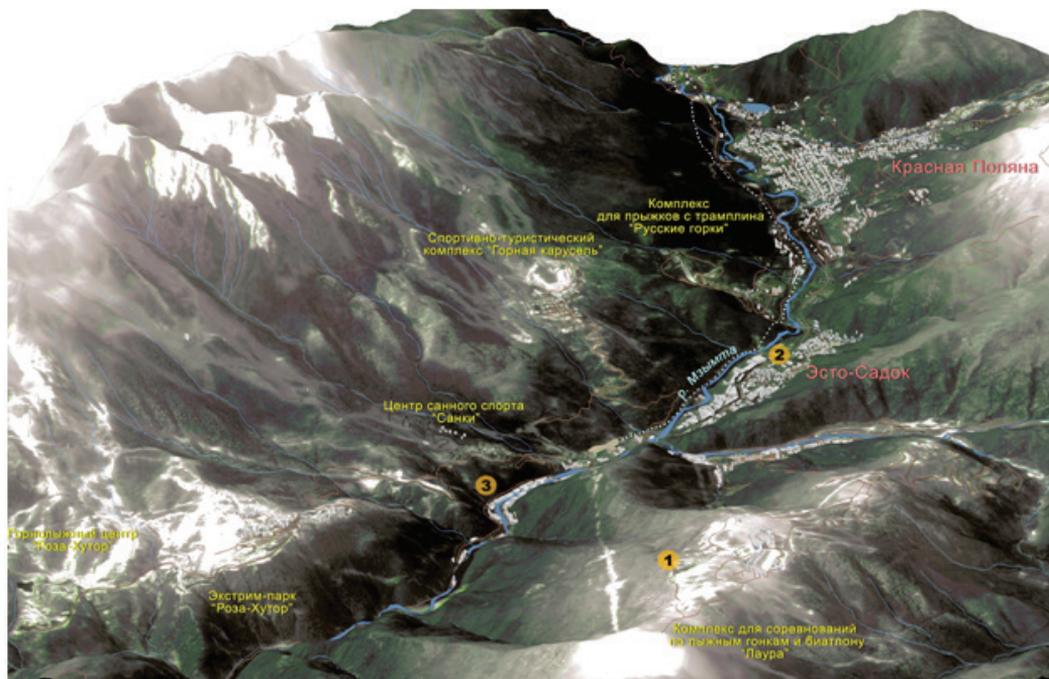
Реалистичность созданным 3D-сценам придавало еще то, что дополнительно произво-

дились настройки, которые позволяли учитывать природные условия районов расположения олимпийских объектов. Во-первых, устанавливалось солнечное освещение на момент проведения спутниковой съемки. Во-вторых, задавалась зона видимости и атмосферные эффекты, в том числе туман и его плотность. Кроме того, важным преимуществом 3D-моделирования, в отличие от двумерного изображения, стало представление рельефа

местности в различных ракурсах, поскольку можно повернуть 3D-модель и осмотреть местность с различной высоты и под разным углом наблюдения.

Примеры 3D-моделей местности горного кластера расположения олимпийских объектов представлены на рис. 1.

Примеры 3D-моделей местности прибрежного кластера расположения олимпийских объектов представлены на рис. 2.



1. Стрельбище



2. Олимпийская медиадеревня на отметке +520 м



3. Нижняя база "Роза Хутор"

Рис. 1. 3D-сцена цифровой модели местности, созданная на основе мультиспектрального изображения ИСЗ «Ресурс-П» (01.02.2014 10:59 GMT, разрешение 3 м) и планов местности поселка Красная Поляна и Эсто-Садока, а также фотографии олимпийских объектов.



Аэропорт СОЧИ



Ж/д станция Олимпийский парк



Олимпийские объекты:

1. Ледовая арена «Шайба»
2. Большой ледовый дворец
3. Керлинговый Центр «Ледяной куб»
4. Крытый конькобежный центр «Адлер-Арена»
5. Дворец Зимнего Sports «Айсберг»
6. Олимпийский Стадион «Фишт»

Рис. 2. 3D-сцена цифровой модели местности, созданная на основе совместной обработки панхроматического и многоспектрального изображений ИСЗ «Канопус-В» (28.01.2014 8:37 GMT, приведенное разрешение 3,5 м) и плана местности поселка Adler, а также фотографии олимпийских объектов