

ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА СНЕГОНАКОПЛЕНИЯ ПО ДАННЫМ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Е.С. Бойко («ИнжГеоГИС», Краснодар)

В 2001 г. окончил географический факультет Кубанского государственного университета (КубГУ) по специальности «география». После окончания университета работал на Северо-Кавказском аэрогеодезическом предприятии и одновременно преподавал геоинформационное картографирование и аэрокосмические методы исследований на кафедре геоинформатики КубГУ. В 2004 г. окончил аспирантуру КубГУ. С 2006 г. работает в ООО «ИнжГеоГИС», в настоящее время — начальник отдела обработки данных дистанционного зондирования.

А.В. Погорелов (Кубанский государственный университет, Краснодар)

В 1979 г. окончил географический факультет Кубанского государственного университета (КубГУ) по специальности «география». После окончания университета работал в Краснодарском краевом центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. С 1991 г. работает в КубГУ, в настоящее время — заведующий кафедрой геоинформатики географического факультета КубГУ. Доктор технических наук.

Бассейн р. Мзымты, включая район курортного поселка Красная Поляна, относится к наиболее снежным территориям Кавказа. По данным снегомерных наблюдений гидрометеорологической службы здесь в периоды максимального снегонакопления (февраль-март) на высотах 1200–2400 м формируется снежный покров, средней толщиной 120–340 см. Фоновые показатели снежности в бассейне р. Мзымты (табл. 1) создают весьма благоприятные предпосылки для развития зимних видов отдыха и спорта и устойчивой эксплуатации соответствующей рекреационной инфраструктуры проектируемого горнолыжного комплекса «Роза Хутор» (рис. 1).

Снежный покров, по сути дела, выступает главным элементом и одновременно естественным условием зимней рекреации, поэтому оперативные сведения о нем способствуют оптимальному управлению службами зимнего курорта. Показатели распределения снежного покрова в этом

смысле представляют интерес в следующих основных аспектах: обеспечение катания на горных склонах и предупреждение лавинной опасности. В обоих случаях наиболее информативной характеристикой пространственного распределения снежного покрова служит его толщина.



Рис. 1
Трехмерная модель рельефа верхний р. Мзымта, текстурированная ортофотоизображением: октябрь 2007 г. (слева); апрель 2007 г. (справа)

Фоновые характеристики снежного покрова на период максимального снегонакопления в бассейне р. Мзымты

Таблица 1

Высота местности, км	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
Толщина снега, см	92	119	148	184	227	280	330
Плотность снега, кг/м ³	300	310	320	330	340	350	360
Водный эквивалент снега, мм	300	390	500	630	800	1100	1300

ООО «ИнжГеоГИС», совместно с кафедрой геоинформатики Кубанского государственного университета, на основе данных ЗАО «НИПИ «ИнжГео» разрабатывают методику оперативных снегомерных съемок по материалам воздушного лазерного сканирования. В настоящее время выполнены и обработаны результаты трех последовательных аэросъемок горных склонов курорта Красная Поляна в осенний и весенний периоды. Полученные материалы позволяют на практике оценить

возможности метода воздушного лазерного сканирования по картографированию распределения толщины снежного покрова и попутно изучить факторы, оказывающие влияние на формирование снежного покрова — рельеф и растительность.

По данным воздушных лазерных съемок создается высокоточная цифровая модель рельефа. В качестве базовой используется модель, построенная для бесснежной поверхности. Обозначим ее аббревиатурой GSEM

(Ground Surface Elevation Model). В последующем, в зимнее (весеннее) время, выполняются съемки поверхности со снежным покровом. По результатам этих съемок строятся модели, которые обозначим SSEM (Snow Surface Elevation Model).

Точность воздушной лазерной съемки обусловлена параметрами используемой аппаратуры и условиями полета. Для данных съемок применялись воздушные лазерные сканеры ALS50-II (Leica Geosystems) и ALTM 3100 (Optech). Точность определения плановых координат точек составила не менее 30 см, а абсолютной высоты — не менее 15 см. Важным этапом обработки исходных данных служит классификация точек лазерного отражения. Выделяют следующие классы (массивы) точек: поверхность земли (снега), растительность и искусственные объекты.

Методически важно, что базовая цифровая модель рельефа используется для получения комплекса производных морфометрических показателей, характеризующих условия устойчивости снега на горных склонах. Среди них: гипсометрия, углы наклона, экспозиция склона, густота горизонтального и вертикального расчленения поверхности, параметры растительности и др. (рис. 2).

Расчет толщины снежного покрова осуществляется путем вычисления разности высот между моделями SSEM и GSEM. Таким образом, главными результатами работы, помимо цифровых моделей рельефа и местности, являются уникальные по показателям точности и континуальности данные о пространственном распределении толщины снежного покрова (рис. 3).

Обобщенные сведения о толщине снежного покрова на тестовом участке, площадью около 6 км², в интервале абсолютных высот от 1000 м до 2200 м, представлены в табл. 2.

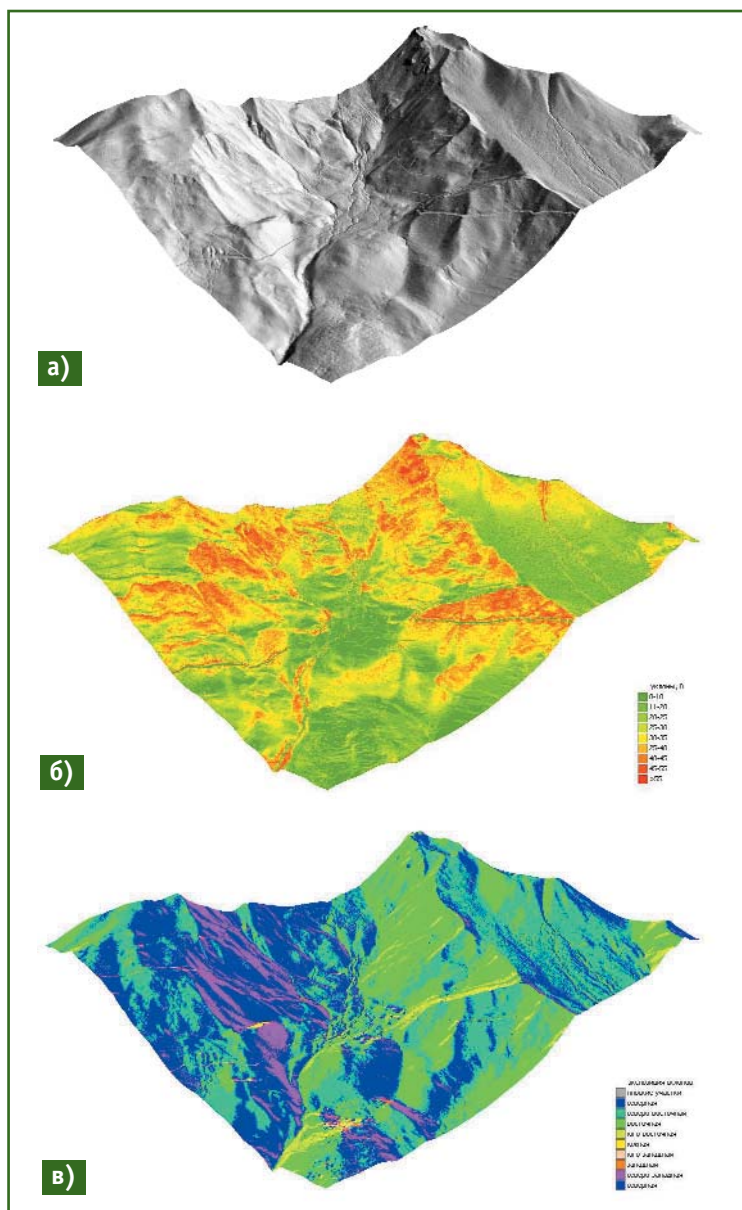


Рис. 2
 Трехмерные модели, полученные по цифровой модели рельефа:
 а) светотеневая модель рельефа; б) модель уклонов;
 в) модель экспозиции склонов

Толщина снежного покрова в районе поселка Красная Поляна по данным воздушной лазерной съемки (21 апреля 2007 г.)

Таблица 2

Интервал абсолютных высот, м	Толщина снежного покрова, см		
	Минимальная	Максимальная	Средняя
1000–1600	17	700	300
1500–2000	120	1400	450
1800–2200	135	900	380

В определенных условиях снежный покров на горных склонах способен терять устойчивость, образуя лавины. Основными причинами лавинообразования являются, во-первых, увеличение массы снега до критической величины в результате выпадения осадков и метелевого снеготеноса, во-вторых, уменьшение удерживающих сил в результате потери прочности снежной толщи (метаморфизм, таяние, ползучесть). До сих пор сведения о состоянии снежного покрова, включая его толщину, как правило, ограничиваются точечными измерениями в небольшом количестве доступных мест. Вне зоны оценки показателей снежного покрова остается подавляющая часть площади зимнего курорта Красная Поляна. Поэтому точная оперативная оценка континуального распределения показателей снежного покрова, в том числе на труднодоступных горных склонах, играет определяющую роль в информационном обеспечении зимней рекреации и предупреждения лавинной опасности.

Выполненные исследования позволяют предложить следующие рабочие параметры методики оперативной оценки пространственного снегонакопления на горных склонах:

- инструментальная база измерений должна включать воздушный лазерный сканер класса точности ALS50-II;

- базовая съемка местности (земной поверхности) должна соответствовать по точности топографическим планам масштаба 1:2000 при сечении рельефа 0,5 м;

- интервал измерения высоты снежного покрова определя-

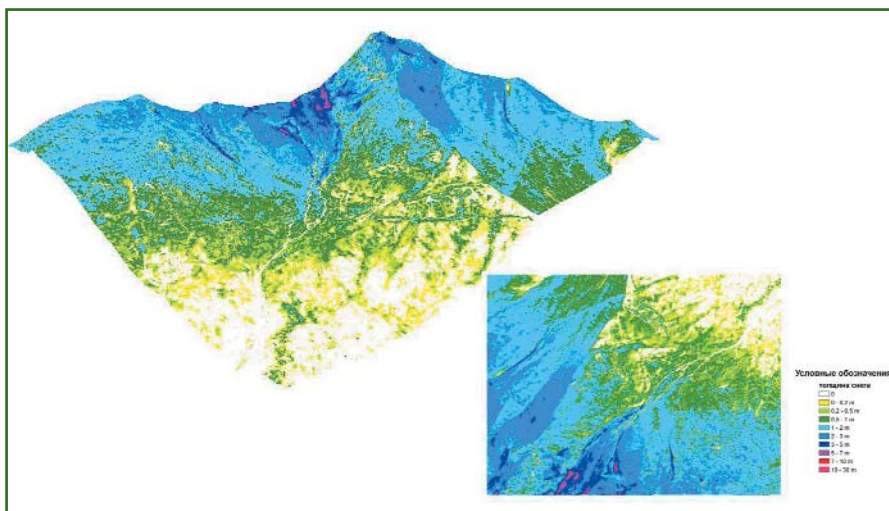


Рис. 3

Трехмерная модель и карта толщины снежного покрова, полученные по данным воздушной лазерной съемки

ется потребностями обеспечения сезонного функционирования зимнего курорта, что, по нашему мнению, составляет от 2–3 съемок за зиму;

- выходные данные целесообразно представлять в форме карт толщины снежного покрова в исследуемом районе в масштабах от 1:1000 до 1:10 000;

- точность оценки толщины снежного покрова при средней плотности точек лазерного отражения 3 точки / 1 м² поверхности должна составлять 7–10 см;

- оперативность представления карт и сопутствующих результатов — от 48 часов после съемки.

Использование воздушного лазерного сканера для съемки земной поверхности в настоящее время является наиболее передовой и эффективной технологией получения высокоточных пространственных данных.

Предлагаемая методика не имеет аналогов в практике ис-

следований снежного покрова в России по критериям: оперативности, точности расчета толщины снежного покрова и «тотального» охвата исследуемой поверхности, включая труднодоступные и лавиноопасные склоны. Проведенные эксперименты обоснованно выводят обеспечение данными о снежном покрове в районах массового лыжного катания и зимней рекреации на принципиально новый информационный уровень.

RESUME

There given the results of ice cover thickness field studies in mountains based on a principally new technology. Laser survey techniques together with the GIS technologies provide for solving applied and fundamental tasks at a new information and analytical level. They include estimation of the ice cover micro- and meso-scale structures by creating precise digital models of the terrestrial surface.