

**Победитель  
конкурса!**

## **СОЗДАНИЕ МЕСТНОЙ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ГОРНОЛЫЖНОМ КУРОРТЕ ШЕРЕГЕШ**



**Д.Б. НОВОСЕЛОВ,**  
*гл. специалист отдела инженерно-геодезических изысканий,*



**Б.А. НОВОСЕЛОВ,**  
*начальник отдела инженерно-геодезических изысканий,  
ООО «Сибшахтостройпроект»,  
г. Новокузнецк*

Применение современных программных продуктов CREDO и космических снимков высокого разрешения позволяет правильно планировать геодезические работы и значительно сократить время их выполнения. В качестве примера представляем читателям объект «Создание местной планово-высотной геодезической сети на горнолыжном комплексе г. Зеленая».

### **ОБ ОБЪЕКТЕ И ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТАХ**

В последние годы горнолыжный курорт на горе Зеленой (Кемеровская обл.) привлекает большое число туристов со всех близлежащих областей. Трассы расположены на склонах горы, у подножия которой выстроено около 30 гостиниц. Горнолыжный сезон длится с ноября по май. Курорт Шерегеш один из известнейших горнолыжных курортов России. Основное место для катания – гора Зеленая. На ней проложено множество лыжных трасс как для начинающих горнолыжников и сноубордистов, так и для экстремалов и фрирайдеров. Туристам гарантировано великолепное катание по пухляку, толщина слоя которого достигает четырех метров. На склонах горы работает 17 подъемников различных типов: бугельные, кресельные, гондольные. В секторе А действует один из длинейших в России гондольный подъемник протяженностью более четырех километров.



*Гора Зеленая с вертолета*

Геодезические работы на объекте «Создание местной планово-высотной геодезической сети на горнолыжном комплексе г. Зеленая в п.г.т. Шерегеш» специалистами нашей организации проводились в октябре 2003 г. По заданию необходимо было выполнить 9 км<sup>2</sup> съемки в различных масштабах и создать опорную сеть. Сразу возник вопрос: как проводить основные работы? Материалы аэросъемки или GPS-измерения невозможно было применить, поскольку это густо залесенная, с высоким снежным покровом горная местность. Поэтому полевые работы решено было провести классическим методом: вначале создать опорную сеть в виде ходов полигонометрии, съемочную сеть – теодолитными ходами и затем

выполнить съемку. Все полевые работы по созданию сети проводились одной бригадой из четырех человек в течение трех недель.

Целью работ являлось получение геодезической сети в виде полигонометрических ходов 1 и 2 разрядов для выполнения топографической съемки участка в масштабах 1:2000, 1:5000 и дальнейшего проектирования различных горнолыжных трасс. Разрешение на производство работ, координаты и высоты исходных пунктов были получены в Западно-Сибирской территориальной инспекции Госгеонадзора города Новосибирска.

Исследуемый участок находится в 1,5 км на северо-восток от поселка Шерегеш Таштагольского района Кемеровской области. Объект расположен на склонах горы Зеленая, перепад высот составляет более 700 м. Местность горная, поросшая сплошным смешанным хвойным таежным лесом с подлеском. Из растительности преобладают ель, пихта, кедр, береза и осина.

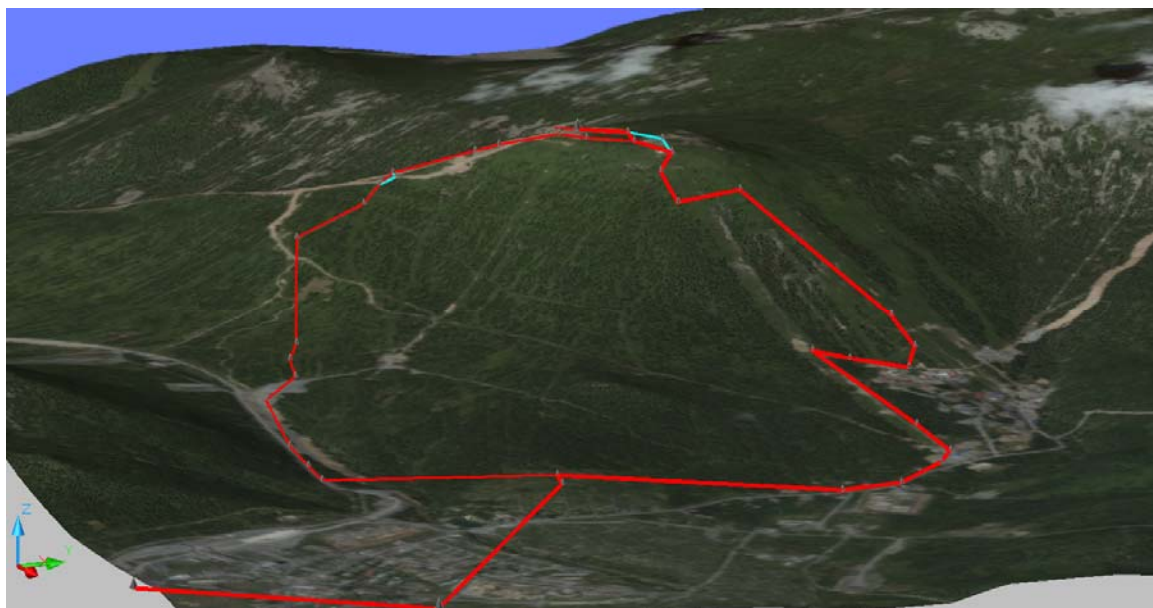
В начале выполнения полевых работ был произведен поиск исходных пунктов. Только на некоторых пунктах триангуляции сохранились трехгранные металлические пирамиды. По результатам обследования исходных пунктов составлена ведомость инвентаризации пунктов геодезической основы.

Согласно проекту заложены центры полигонометрии на определяемых пунктах типа: 2 г.р. (6 шт.) и 6 г.р. (14 шт.). На исходном пункте «Каритшал» и определяемых пунктах поставлены металлические пирамиды высотой 4 м. Центры визирных цилиндров точно установлены по нитяному отвесу над центрами закрепленных пунктов. После выполнения измерений по прокладке полигонометрии были определены элементы редукции на каждом пункте полигонометрии с пирамидой. По сложности выполнения геодезических работ весь участок относится к III категории.

В результате были проложены: ход полигонометрии 1 разряда между исходными пунктами триангуляции «Новый» и «Каритшал», два хода полигонометрии 2 разряда между пунктами № 20 и № 3, № 1 и № 34 соответственно и один теодолитный ход повышенной точности между пунктами № 8 и № 10 (рис. 1). Все измерения выполнены по трехштативной системе. Число сторон в ходе полигонометрии 1 разряда (не более 15) не выдержано по причине очень сложного горного рельефа. Ход между пунктами № 8 и № 10 переведен в ход повышенной точности из-за малых расстояний между ними. Все пункты сданы по акту наблюдения за сохранностью представителю архитектуры города Таштагола.



*Установка пункта полигонометрии*



*Рис. 1. Схема ходов полигонометрии в 3D*

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ CREDO

Проект линейно-угловой сети был выполнен в системе CREDO\_DAT, в которую подгружался план в масштабе 1:25000, привязанный в программе ТРАНСФОРМ. Запроектированы ходы полигонометрии 1 и 2 разрядов (рис. 2).

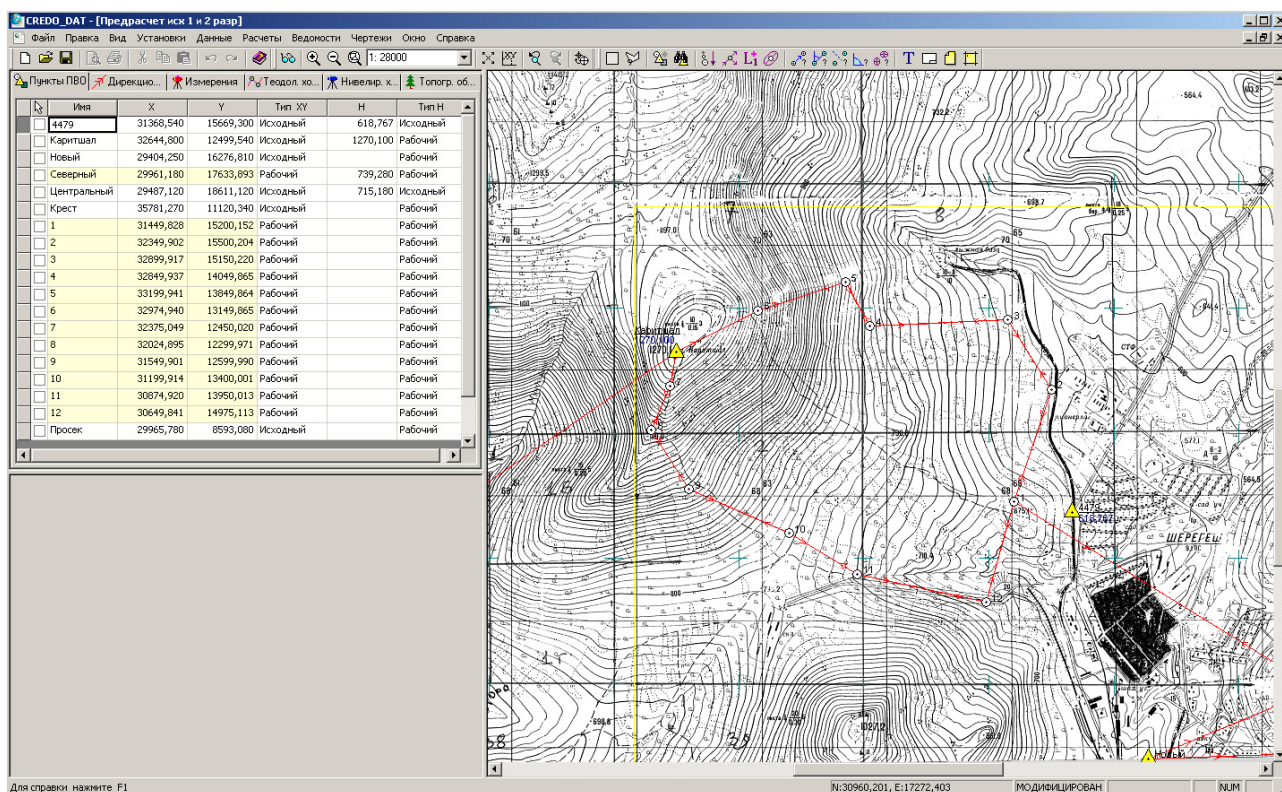


Рис. 2. Проект линейно-угловой сети в системе CREDO\_DAT

Затем произвели предвычисление средней квадратической погрешности (СКП)  $M$  в проектируемых ходах по формуле:

$$M^2 = m_s^2 \times n + (m_b^2 \times L^2) / \rho''^2 \times ((n' + 3) / 12),$$

где  $L$  – общая длина сторон хода;

$n$  и  $n'$  – число сторон и углов хода.

Для хода полигонометрии 1 разряда ( $L=8,9$  км)  $M$  равна 14,1 см; 2 разряда ( $L=4,6$  км) – 28,3 см. Отношения  $2M/L$  в 1 разряде – 1/31500 и во 2 разряде – 1/8100 говорят о том, что запроектированные ходы удовлетворяют требованиям точности предельных относительных ошибок 1/10000 и 1/5000, и эти ходы не требуется проектировать заново.

В системе CREDO\_DAT было выполнено математическое моделирование, т.е. предварительный расчет ожидаемой точности измерений в предполагаемой сети. А делалось это так. Были определены проектные координаты пунктов и вычислена безошибочная сеть. Характеристика сети следующая:

1. Полигонометрия 1 разряда. Допустимая угловая невязка равна 30 сек; СКП направлений, априорная 3,5360; СКП линий, априорная 0,0200.
2. Полигонометрия 2 разряда. Допустимая угловая невязка 57 сек; СКП направлений, априорная 7,0710; СКП линий, априорная 0,0200.

Для перехода от безошибочной сети к реальной в направления (на пункте 4 с шагом 5 сек) и длины сторон (в линию пп3–пп4 с шагом 25 мм выбрана специально такая линейная величина, чтобы СКП направлений и линий при изменении углов были приблизительно равны) введены случайные ошибки. Результаты моделирования приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Ведомость моделирования  
по направлениям**

Шаг, случайные ошибки	СКО	
	направлений	линии
-60 сек	11,6337	0,0762
-55 сек	10,6664	0,0699
-50 сек	9,6995	0,0635
-45 сек	8,7320	0,0572
-40 сек	7,7648	0,0508
-35 сек	6,7976	0,0445
-30 сек	5,8304	0,0382
-25 сек	4,8632	0,0318
<b>-20 сек</b>	<b>3,8961</b>	<b>0,0255</b>
-15 сек	2,9289	0,0192
-10 сек	1,9618	0,0128
-5 сек	0,9949	0,0065
0 сек	0,2855	0,0019
5 сек	0,9409	0,0062
10 сек	1,9074	0,0125
15 сек	2,8744	0,0188
<b>20 сек</b>	<b>3,8416</b>	<b>0,0252</b>
25 сек	4,8087	0,0315
30 сек	5,7783	0,0378
35 сек	6,7429	0,0442
40 сек	7,7107	0,0505
45 сек	8,6772	0,0568
50 сек	9,6443	0,0632
55 сек	10,6114	0,0695
60 сек	11,5786	0,0758

Таблица 2

**Ведомость моделирования  
по линиям**

Шаг, случайные ошибки	СКО	
	направлений	линии
-300 мм	7,1472	0,0468
-275 мм	6,5531	0,0429
-250 мм	5,9590	0,0390
-225 мм	5,3648	0,0351
-200 мм	4,7707	0,0312
-175 мм	4,1766	0,0274
<b>-150 мм</b>	<b>3,5825</b>	<b>0,0235</b>
-125 мм	2,9884	0,0196
-100 мм	2,3943	0,0157
-75 мм	1,8003	0,0118
-50 мм	1,2063	0,0079
-25 мм	0,6127	0,0040
0 мм	0,2855	0,0019
25 мм	0,5779	0,0038
50 мм	1,1714	0,0077
75 мм	1,7653	0,0116
100 мм	2,3594	0,0155
125 мм	2,9534	0,0193
<b>150 мм</b>	<b>3,5475</b>	<b>0,0232</b>
175 мм	4,1416	0,0271
200 мм	4,7357	0,0310
225 мм	5,3298	0,0349
250 мм	5,9239	0,0388
275 мм	6,5180	0,0427
300 мм	7,1122	0,0466

При введении случайных угловых ошибок фактические СКП направления и линии превысили априорные при ошибке 20 сек, а при введении случайных линейных погрешностей фактические СКП направления и линии превысили априорные при погрешности 150 мм. Это видно в представленных ведомостях моделирования. Также при «ручном» предвычислении СКП линии равна 141 мм. Полученные результаты позволяют говорить о допустимой точности угловых и линейных измерений, с помощью которой можно более корректно выбрать геодезическое оборудование для поставленной задачи.

Редуцирование линии на плоскость выполнено ручным и автоматическим способами. Вначале были вычислены горизонтальные проложения длин линий по превышениям и перед уравниванием осуществлено вычисление проекций измеренных длин линий на плоскость. Уравнивание проведено параметрическим способом по критерию минимизации суммы квадратов поправок в измерения на компьютере, в системе CREDO\_DAT. При этом были введены поправки в расстояния за редуцирование на плоскость ( $\Delta Sr$ ), вычисленные «ручным» методом.

Затем для сравнения различных методов вычислений было решено уравнивание сети полигонометрии с автоматическим вычислением поправок за редуцирование линии на плоскость, на эллипсоид и на уровень моря средствами системы CREDO\_DAT. После сравнения данных выявили, что фактические СКП направлений и СКП линий после переуравнивания сети стали меньше точности результатов уравнивания с введением поправки в расстояния за редуцирование на плоскость ( $\Delta Sr$ ) почти в 2 раза. Приведенное выше исследование с редуцированием позволяет говорить о больших возможностях системы CREDO\_DAT, благодаря которой нет необходимости вручную вычислять элементы редуцирования – программа автоматически выполнит данные вычисления и уравнивание с более высокой точностью.

Для составления наглядных ситуационных планов и для изучения местности был скачан космический снимок на всю территорию объекта с онлайнкартографического сервиса Google, который был сделан летом 2008 г., а также файл привязки с географическими координатами углов растрового изображения. В программе ТРАНСКОР эти координаты были переведены в местную систему координат. Затем космический снимок был привязан в программе ТРАНСФОРМ по углам изображения и поклонному кресту (г. Курган), который отлично просматривается из космоса (рис. 3).

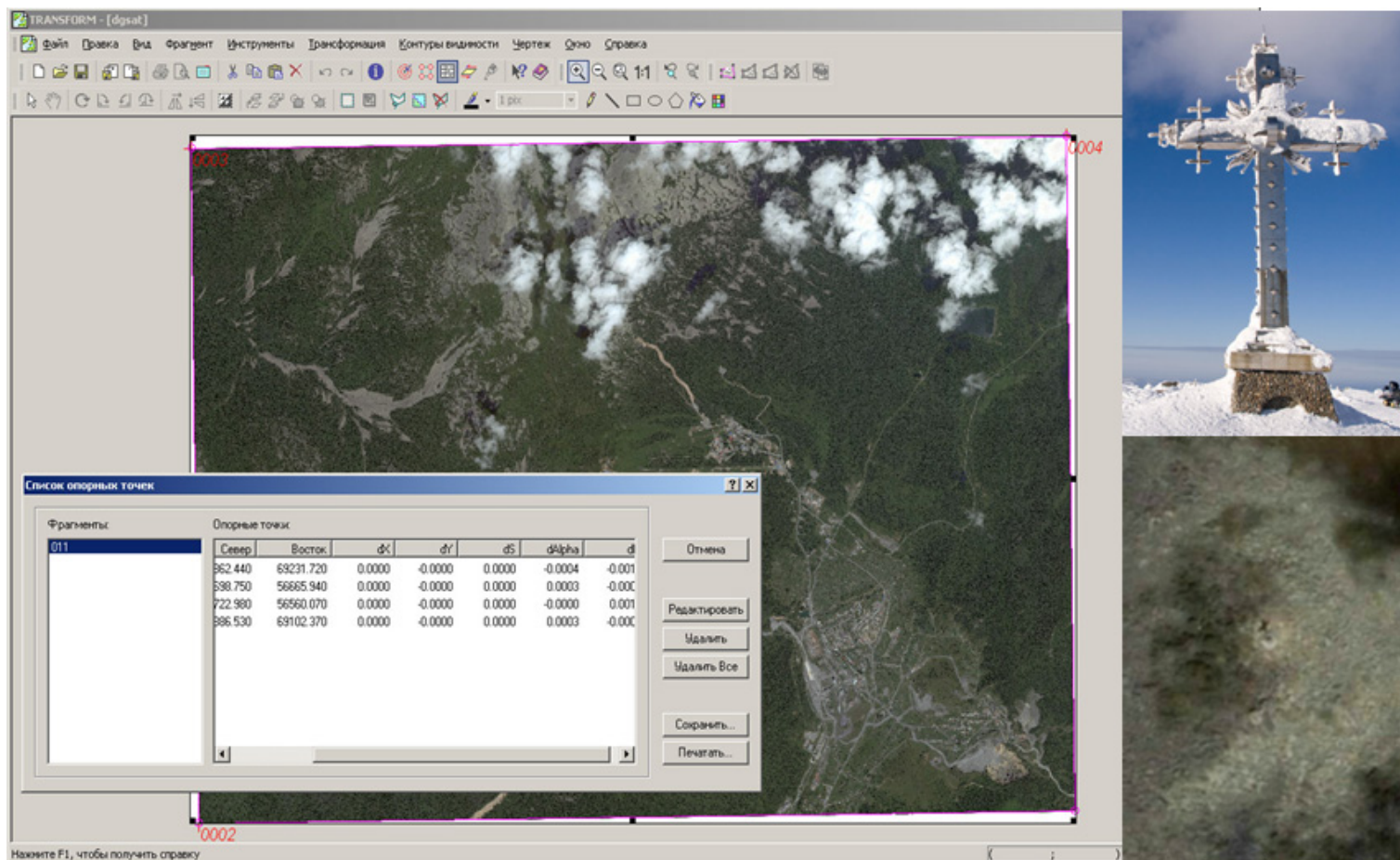


Рис. 3. Привязка космического снимка в программе ТРАНСФОРМ

Применение космического снимка позволило более наглядно изучить исследуемую территорию, что невозможно было сделать по картам масштаба 1:25000, изданным свыше двадцати пяти лет назад. Также по космическому снимку была составлена детальная программа производства геодезических работ. После завершения полевых и камеральных работ провели сравнение хорошо просматриваемых контуров растительности, дорог и контуров зданий на космическом снимке и готовом топографическом плане.

Конечным результатом работ является план участка, составленный в системе CREDO ТОПОПЛАН. На космический снимок были нанесены сети планово-высотного обоснования и поверхность рельефа (рис. 4). Это делает карту информативнее и, следовательно, значительно облегчает работу проектировщиков по выбору горнолыжных трасс и осей подъемников.

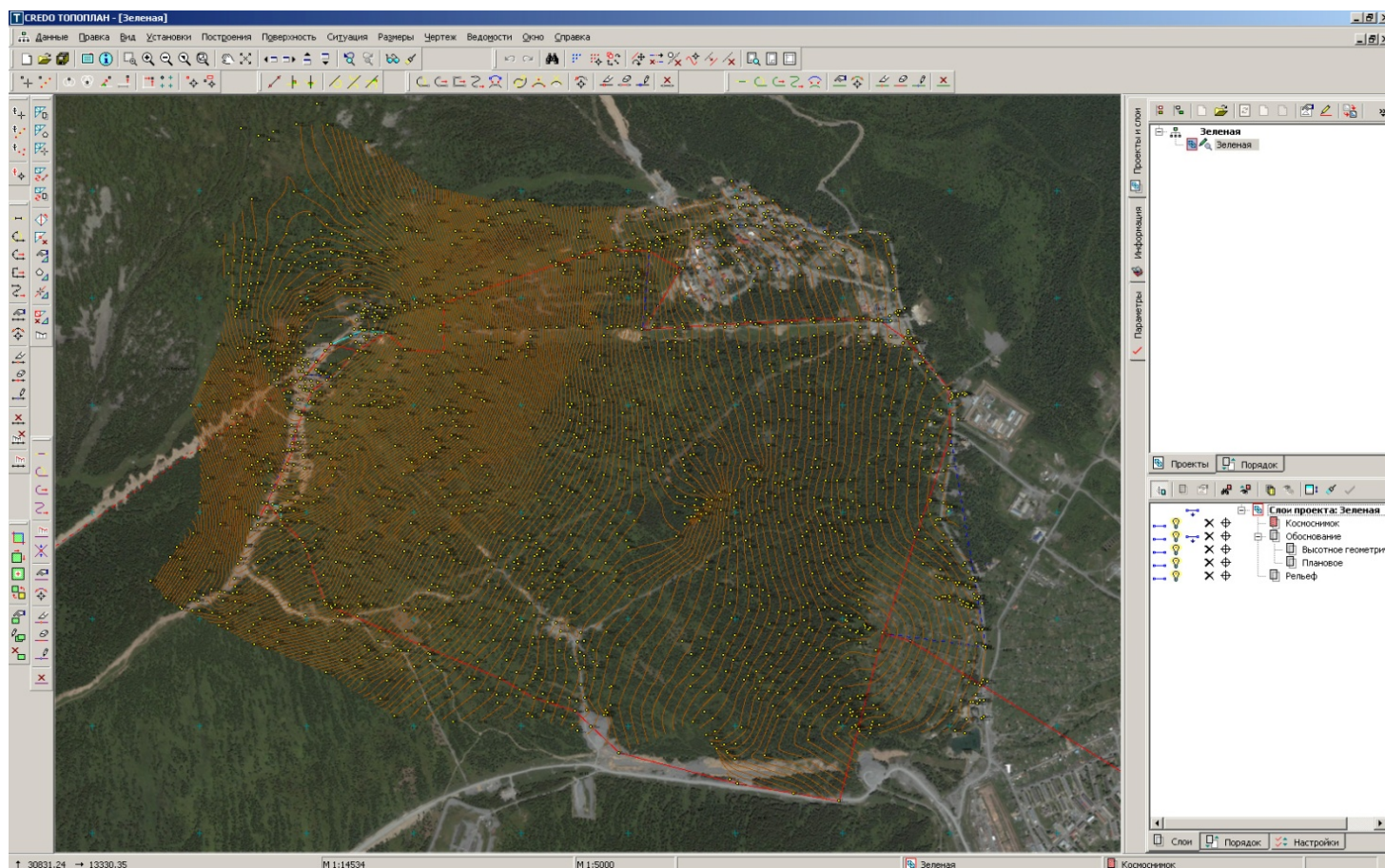
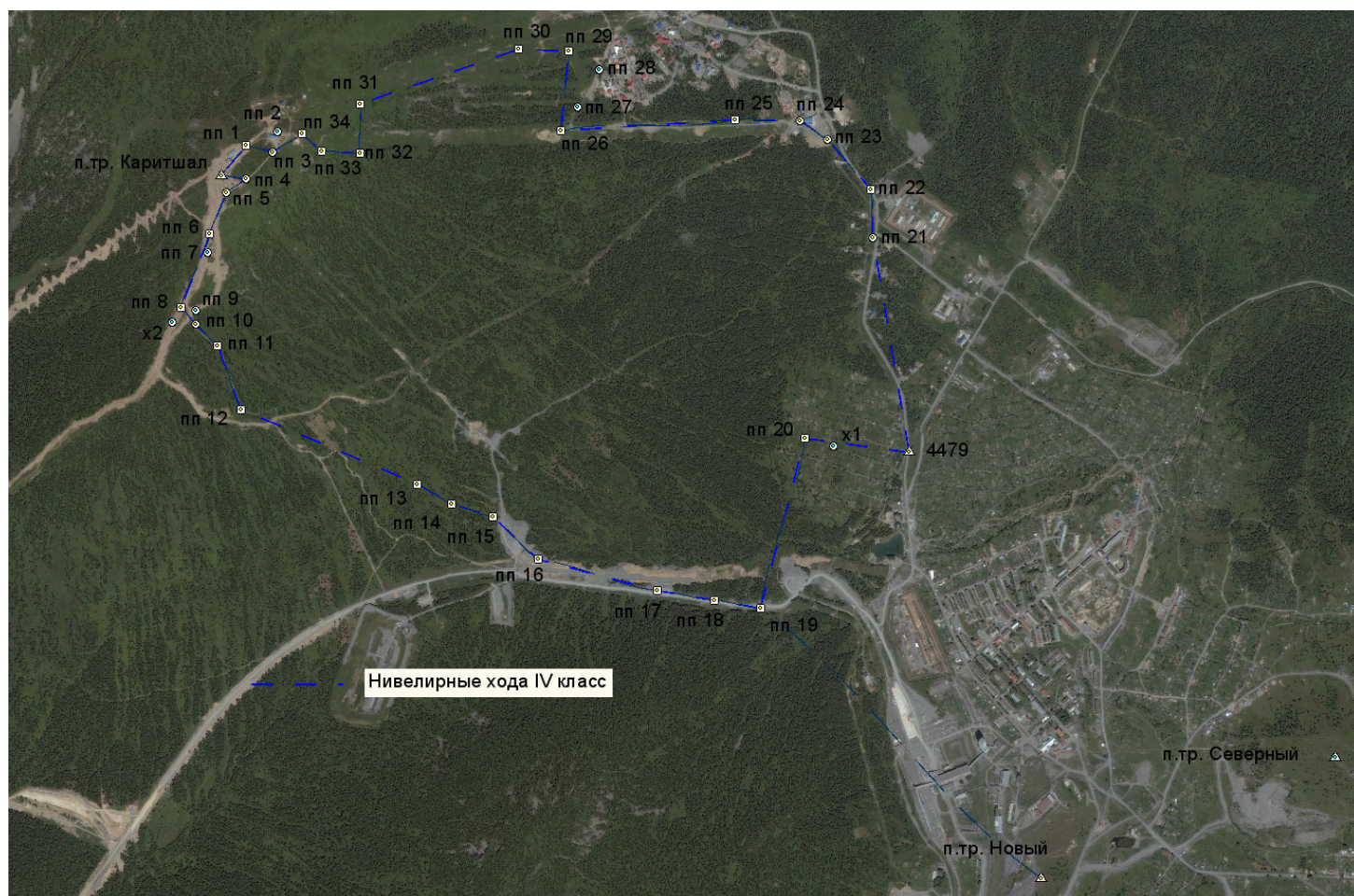


Рис. 4. Конечный результат работ

Для получения отметок вновь заложенных пунктов были проложены ходы нивелирования IV класса с узловой точкой № 19 (рис. 5). Исходными послужили пункт триангуляции «Новый» и пункт № 4479, имеющие отметки III класса.



**Рис. 5.** Схема нивелирных ходов IV класса

Уравнивание нивелирного хода IV класса выполнено по методу наименьших квадратов на компьютере в системе CREDO\_DAT. Технические характеристики нивелирного хода приведены в табл. 3. В процессе нивелирования IV класса также можно выполнить математическое моделирование и сделать проектную оценку точности сети.

*Таблица 3*

Ход	Пункты	Штативы	Fh факт.	Fh доп.
1	п тр Новый-узел т 19	30	-0,003	0,036
2	пп 4479, 20, узл т 19	77	0,012	0,057
3	узел т 19, ..., пп 4479	611	0,025	0,161

Геодезическая сеть, полученная в результате проделанных работ, удовлетворяет требованиям СП 11-104-97 и может служить основой для выполнения различных геодезических и топографических исследований. В заключение отметим особенности работы над данным объектом:

- Произведено предвычисление средней квадратической ошибки в проектируемых ходах классическим «ручным» способом.
- Проведена априорная оценка точности линейно-угловой сети путем моделирования результатов измерений. Выполнено сравнение полученных значений элементов сети с их безошибочными значениями, что позволило определить ожидаемую точность измерений в предполагаемой сети.
- Сделано сравнение точности обработки результатов в системе CREDO\_DAT с «ручным» введением поправки в расстояния за редуцирование на плоскость  $\Delta S_r$  и «автоматическим» учетом этой поправки самой программой.
- Возможности программного комплекса CREDO использованы в нашем проекте в полном объеме.

В результате такой организации труда камеральные работы на объекте «Создание местной планово-высотной геодезической сети на горнолыжном комплексе г. Зеленая» со всеми вычислениями и составлением отчета заняли всего две недели благодаря применению программных продуктов CREDO, которые значительно упростили процесс получения конечного продукта. На сегодняшний день сделана топографическая съемка всего участка (9 км<sup>2</sup>), запроектированы и построены несколько горнолыжных трасс.

Данный объект был представлен на VI конкурсе производственных проектов, выполненных с использованием программных продуктов CREDO. Защита проекта проходила в рамках заключительной конференции МАРАФОН TERRA CREDO в Минске. Наш объект занял второе место в номинации «Геодезия» и получил много специальных грамот и призов.

Выражаем благодарность всем сотрудникам компании «Кредо-Диалог» за разработку и внедрение программных продуктов, позволяющих автоматизировать процесс производства геодезических работ – от обработки данных, полученных с приборов, до графического исполнения планов, что в значительной мере облегчает жизнь геодезистам Сибири, которые вынуждены работать в очень тяжелых погодных условиях.