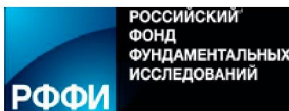


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет»

САМОУПРАВЛЯЕМАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ В ФОРМЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«Российский фонд фундаментальных исследований»

САМОРЕГУЛИРУЕМАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО
«КубаньСтройИзыскания»



**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА
И ПРЕДКАВКАЗЬЯ:
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ**

*Материалы
Первой Региональной научно-практической конференции
29–31 октября 2014 г., г. Геленджик*

Под редакцией
Н.А. Бондаренко, Т.В. Любимовой,
Е.А. Волошко

Краснодар
2014

**ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА
ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
НА ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТАХ В РАЗНЫХ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

А.Г. Погосян, М.Ю. Бабoryкин, Е.В. Жидиляева
*ООО «Геопроектстрой», Краснодар,
baborykin.my@injgeo.ru*

**TECHNOLOGY FOR MONITORING HAZARDOUS
GEOLOGICAL PROCESSES ON LINEAR OBJECTS
IN DIFFERENT GEOENGINEERING CONDITIONS**

A.G. Pogosyan, M.Yu. Baborykin, E.V. Zhidilyaeva
Geoproektstroy, Krasnodar

В рамках данного исследования объектом является геологическая среда, которая в дальнейшем будет взаимодействовать с антропогенными объектами.

Целью данной работы было выявление на территории проектируемого трубопровода опасных геологических процессов и прогнозирование изменения геологической среды во время строительства, наблюдения за геодинамикой.

В связи с поставленными задачами проводились камеральные работы по дистанционному выделению опасных геологических процессов с полевой заверкой по эталонным участкам.

Изучение линейного объекта с точки зрения опасных геологических процессов началось в 2009 г. с создания комплекта тематических карт. Комплект карт: карта новейших тектонических структур с главнейшими активными тектоническими нарушениями М 1:2500000; Структурно-геоморфологическая карта М 1:200000; Карта инженерно-геологических условий М 1:200000; Карта гидрогеологического районирования М 1:200000; Карта инженерно-геологического районирования М 1:200000. Данный материал был представлен на «Шестой общероссийской конференции изыскательских организаций» в 2010 г.

Дальнейшие работы лазерного сканирования, проводимого для геодезии, навели на мысль повторного использования лазерных

сканов с высоким разрешением для инженерно-геологического изучения. Был предложен метод создания опережающих карт опасных геологических процессов М 1:5000 и М 1:1000, что значительно облегчило труд проектировщикам, а также позволило обойти в проекте трассирования участки со сложной инженерно-геологической обстановкой до начала полевых работ. Полевые исследования подтвердили информативность опережающих карт опасных геологических процессов. Подтверждённое, достаточно высокое, качество исполнения лазерной съёмки позволило использовать цифровые модели рельефа для долгосрочного мониторинга опасных геологических процессов. При проведении инженерно-геодезических изысканиях на линейных объектах в первоначальном варианте получают BIN-файлы. Из них отстраивается модель рельефа (рис. 1).

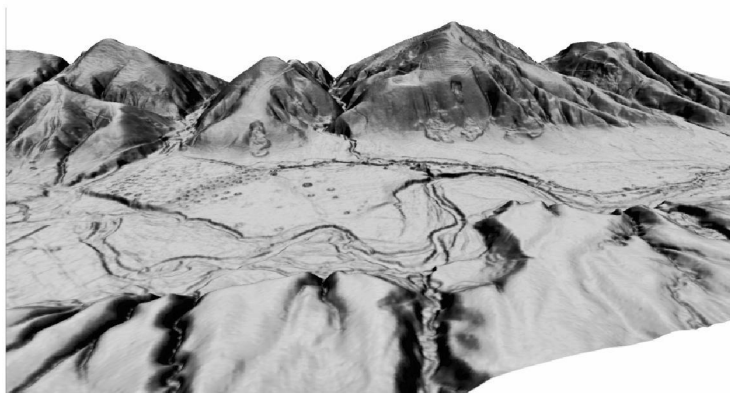


Рис. 1. 3D модель рельефа

Данная лазерная съёмка выполнена с высоты 500 м над уровнем моря, что соответствует требованиям, предъявляемым к стадии «рабочая документация». На основе данной модели производится комплекс мероприятий: построение горизонталей для топографических планов и оценка местности в инженерно-геологическом плане (уклоны и выделение опасных геологических процессов).

В дальнейшем используются только выделенные участки оползневых и оползнеопасных склонов в пределах коридора про-

ектируемого трубопровода. Подготовленные материалы собираются в геоинформационной системе в готовые модели. Производится последующая съёмка, по циклам, в условиях приближенных к первоначальным: время года, погодные условия, высота полёта во время съёмки, используемое оборудование (точно такое же или с такими техническими же параметрами). После проведения последующей съёмки, которая используется для мониторинга, отстраивается модель местности, уравнивается относительно нулевой по контрольным точкам (опорным пунктам). Для минимизации погрешностей, допущенных при съёмке последующих циклов, очередные модели уравниваются относительно нулевого цикла. Погрешность лётного лазерного сканера при высоте съёмки 500 м не превышает 6 см. Мелкие подвижки (миллиметры и первые сантиметры) не видны при сравнении моделей. Учитывая технические характеристики оборудования на моделях динамики рельефа, отстраиваются горизонтالي изменений сечением 0,1 м. это позволяет вписаться в 6 сантиметровую погрешность, а также учесть шумы, которые появляются при съёмке круто наклонных поверхностей. После проведения программного сравнения цифровых моделей рельефа и отстройке модели динамики, производится анализ синтезированной модели. Положительные и отрицательные изменения в рельефе показывают, насколько изменилась местность во времени. Данная модель имеет определённую специфику, использование синтезированной модели с цифровой моделью не возможно по ряду причин: данная модель имеет собственные высоты; при подгрузке модели местности отображается 3D модель либо синтезированной, либо цифровой. Для отображения динамики отстраиваются изолинии динамики, которые накладываются на цифровую модель местности, отображая не только визуальную картину изменений рельефа, но и количественную оценку.

По данным визуального сравнительного анализа нет возможности произвести измерения изменений в рельефе. Оператор при обработке большого количества материала может потерять или заметить некоторое количество изменений в рельефе, также возрастают трудозатраты. К примеру, в советские годы, проводя сравнительные анализы по аэрофотосъёмке, требовалось большое количество человеко-часов, дополнительного обеспечения специфическими канцелярскими принадлежностями и т.п. На данный

момент в век развитых технологий подобный анализ производится на персональных компьютерах, подключённых в локальную или глобальную сети, в специализированных программных продуктах. В нашем случае также использование специализированного программного продукта позволяет уйти от визуальной обработки. При помощи вычислительных мощностей аппаратных средств достаточно быстро производится сравнение статических цифровых моделей, выстраивая временной ряд. Итогом проведённого программного анализа цифровых моделей стала синтезированная модель изменения рельефа – динамическая модель.

Дальнейшая обработка заключается в построении изолиний изменения рельефа. Сечение изолиний задаётся исходя из погрешности съёмки, к примеру, эмпирическим путём выявлена фактическая погрешность с учётом шума около 10 см. Проведенный анализ сопоставления инструментальной съёмки на оползневых участках и воздушного лазерного сканирования выявил расхождение моделей рельефа в пределах: от 6 до 9 см в пространстве.

Построенные изолинии изменений наносятся на цифровую модель рельефа любого цикла мониторинга.

Расширяя возможности информативности при проведении изучения инженерной геоморфологии и инженерно-геологических процессов, а в дальнейшем и проведении мониторинга, в целях эксперимента, был апробирован комплекс – летающая лаборатория. В этот комплекс вошло следующее оборудование:

- воздушный лазерный сканер Leica ALS70;
- камера для аэрофотосъёмки Leica;
- гиперспектрометр CASI 1500.

Летающая лаборатория позволила выявить геологические процессы с меньшими временными затратами. Отработанный подход дешифрирования лазерных сканов, классификация точек и построение цифровой модели рельефа (рис. 2) выявила ряд геологических процессов, таких как солифлюкция и оползневые процессы. Визуально распознанные границы солифлюкции протягиваются вдоль эрозионного вреза постоянного водотока, также видны оползни по правому борту реки.

Дешифрирование аэрофотоснимка, подгруженного к цифровой модели рельефа, не только детализировало геологические процессы, но и в некоторых случаях позволило качественнее выделить области протекания того или иного процесса. В дальней-

шем при проведении мониторинга опасных геологических процессов видна не только тенденция изменения, но и объясняется причина, так протекание геологического процесса выявлено и занесено в реестр геоинформационной системы.

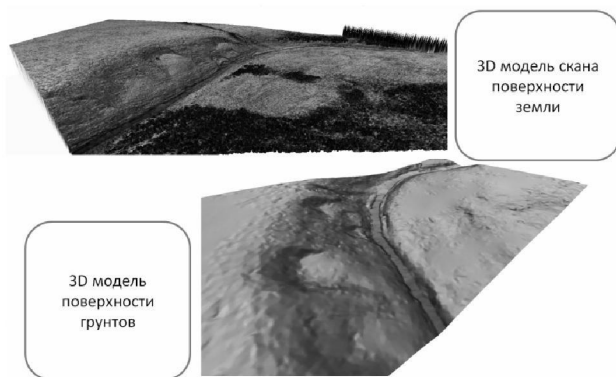


Рис. 2. 3D модель рельефа с растительностью и модель поверхности грунтов

Во многих случаях синтезированные модели, отображая динамику рельефа, не объясняют причину изменений, повышение информативности для определения на ранних стадиях мониторинга призвана обеспечить гиперспектральная съёмка. Данный вид съёмки достаточно быстро позволяет оператору выделить зоны с какими-либо геологическими процессами по интенсивности отражений или поглощений некоторых зон спектра естественного электромагнитного излучения (солнечный свет). При определённых сочетаниях каналов спектральной съёмке, или обработке в выбранном диапазоне гиперспектральной съёмке дешифрируются незаметные и малозаметные глазу индикаторы (рис. 3). В итоге после комплексного подхода, выходной материал имеет геоинформационную базу данных, реестр с опасными геологическими процессами и материал для нулевого цикла. Последующие циклы мониторинга добавляются в базу данных геоинформационной системы, упрощая доступ к информации. Данная процедура, во-первых, упрощает работу с данными, во-вторых, формирует базу данных архивов. Учитывая, что для многих типов пространст-

венных операций конечным результатом является представление данных в виде карты или графика, существует необходимость структурирования полученной входной информации.

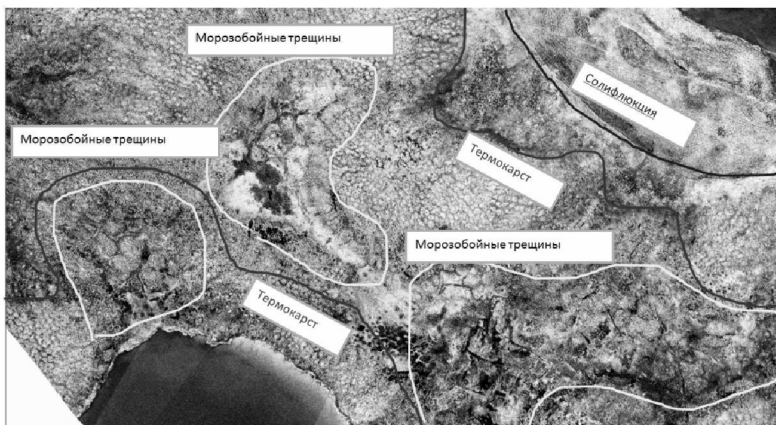


Рис. 3. Обработка спектрозонального снимка



Рис. 4. Структура геоинформационной системы для мониторинга

А карта – это очень эффективный и информативный способ хранения, представления и передачи графической (имеющей пространственную привязку) информации. ГИС предоставляет новые инструменты визуализации самих карт, а так же отчёты, трёхмерные изображения, графики и таблицы, фотографии и другие виды информации, занесённые в базы данных (рис. 4). В заключение следует отметить, что, по сути, проведение мониторинга не ограничивается только лишь съёмкой, анализом и интерпретацией данных. Это достаточно большой комплекс мероприятий, в который входят множество методов и узконаправленных решений.