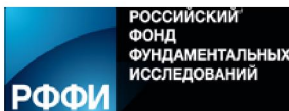


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет»

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

МОНИТОРИНГ ГЕООПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ЛИНЕЙНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ НА ОСНОВЕ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

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

MONITORING OF GEOHAZARDS ON PIPELINES USING AIRBORNE LASER SCANNERS

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

В сложных географических условиях, с интенсивным развитием экзогенных опасных природных процессов (ОПП) приводящих к различным геоопасным явлениям, в частности, в условиях севера, природные экосистемы проявляют низкую устойчивость к техногенному воздействию. При этом, затраты на предотвращения последствий негативного воздействия опасных природных процессов в 15 раз больше, чем затраты на мероприятия обеспечивающие мониторинг, прогнозирование и готовность к геоопасным явлениям (Осипов, 2001). Особенно уязвимыми к воздействию экзогенных ОПП являются линейные сооружения в силу их значительной протяженности, пересечения разных климатических и природных зон с разными инженерно-геологическими условиями. В связи с этим необходимо применение методик и технических средств наблюдений в системе мониторинга, обеспечивающих эффективные режимные наблюдения для последующего анализа и оценки состояния системы, установления тенденции развития соответствующей системы как основы прогноза и принятия управленческих решений.

Мониторинг геоопасных явлений. Общая структура мониторинга геологической среды вдоль трассы линейных сооружений включает в себя подсистемы регионального, локального и детального уровней. В систему мониторинга трассы трубопровода детального уровня входят режимные наблюдения включающие обследование состояние трубопровода и анализ развития различных инженерно-геологических процессов вдоль трубопровода (Королев, 2007). Обследования трубопровода и измерения

проводятся раз в 0,5 и 2 года, что позволяет получить объективную картину изменений параметров природно-технической системы (Королев, 2007).

Главной целью мониторинга является прогноз развития системы и принятия на его основе рекомендаций и решений по управлению рассматриваемой системы (Королев, 2007). Вместе с тем, достижение главной цели мониторинга невозможно без эффективной организации наблюдений в процессе мониторинга. К методам и средствам наблюдения в системе мониторинга предъявляются достаточно высокие требования, их проведение должно основываться на рациональной технико-методической базе и научном обосновании, а также отвечать принципам рациональной пространственно-временной организации процесса мониторинга.

Эффективная технико-методическая база режимных наблюдений в системе геодинамического мониторинга должна обеспечивать:

- получение качественных и количественных характеристик системы и оценку изменений их во времени;
- установление закономерностей развития процессов и явлений и выявление причин их обуславливающих;
- предупреждение опасных и катастрофических проявлений процессов;
- составление прогноза развития процессов и опасных явлений;
- обоснование необходимых мероприятий по охране геологической среды, обеспечению устойчивости сооружений, управлению геологическими процессами и явлениями.

Мониторинг геоопасных явлений в сложных географических условиях при строительстве и эксплуатации линейных трубопроводов носит комплексный характер. Оценка и прогноз геоопасных явлений и факторов их обуславливающих требует изучения всей сложившейся обстановки инженерно-геологических условий обусловленных воздействием природных и техногенных факторов.

Наиболее распространенные сочетания опасных природных процессов, требующие комплексных решений: склоновые – вместе с процессами на берегах морей и водохранилищ, абразионными и эрозионными – на реках; эрозионно-селевые в долинах горных и предгорных областей – совместно с оползневыми; карстовые и

суффозионные; просадочные в лессах и пепловых образованиях; снежные и снежно-каменные лавины (СНиП 116.13330.2012., СНиП 22-02-2003).

Все типы геоопасных явлений приведенные выше и обусловленные экзогенными ОГП, а также воздействием техносферы на природную среду, *находят свое отражение в морфометрическом строении и в морфодинамике рельефа.*

В связи с этим в качестве основных режимных наблюдений геодинамического и геотехнического мониторинга составляют как наземные наблюдения сооружений вписанных в геоэкологическую среду, так и дистанционные наблюдения за морфологией и морфодинамикой рельефа – как основы выявления, оценки и прогноза геоопасных явлений (СНиП 116.13330.2012., СНиП 11-02-96.).

Очевидно, важным обстоятельством является подбор наиболее оптимального комплекса технических средств и методов наблюдений с учетом особенностей объекта исследований (размеры площади, протяженности), а также показателей их надежности и экономичности. Геоопасные процессы являются трехмерными пространственно-временными объектами, успешное их выявление и оценка их динамики во времени возможны только на базе методов высокоточных *трёхмерных пространственно-временных наблюдений*, позволяющих строить трёхмерные пространственно-временные геомодели и определять малейшие признаки в динамике модели предшествующие развитию геоопасного явления. При этом, в качестве технической базы и методов наблюдений за морфодинамикой и сооружениями используются методы и приборы, как дистанционных наблюдений, так и классических наземных геодезических измерений, а в случае необходимости привлекается специализированное оборудование для геотехнических наблюдений.

Воздушное лазерное сканирование в системе мониторинга. В настоящее время при решении задач геодинамического мониторинга на основе анализа и интерпретации результатов комплекса классических наземных высокоточных геодезических измерений определяются плановые и вертикальные смещения, а с использованием измерений разнесенных по времени строится динамическая модель геопространства.

Однако, такой подход позволяет получать величины смещения лишь в точках установки репперов, что недостаточно для

достоверного построения площадного покрытия и пространственно-временного представления процессов, а также требует большого количества времени для картографирования и режимных наблюдений в процессе мониторинга.

Для повышения эффективности решения задач классической наземной геодезии в настоящее время все шире применяется технология воздушного и наземного лазерного сканирования. Одними из основных преимуществ лазерного сканирования (ЛС) в сравнении с классическими наземными наблюдениями являются скорость, и полнота полученной информации, возможность построения трехмерных пространственно-временных цифровых моделей рельефа из облака точек режимных измерений. Преимущества и возможности применения технологии воздушного лазерного сканирования, в частности при выделении оползневых форм на линейных объектах, было представлено в докладе «Дешифрирование опасных геологических процессов для повышения качества на линейных объектах» на конференции «Инженерные изыскания на линейных объектах» (г. Москва) (Баборыкин, 2014).

При выполнении работ системами воздушного лазерного сканирования, формируется системное восприятие совокупности объектов и всегда существует возможность детализации цифровой модели рельефа для уточнения того или иного геоморфологического элемента (рис. 1). Вместе с тем, избыточность получаемых данных позволяет использовать их для решения перспективных задач, ранее не запланированных, без дополнительного проведения съемочных работ на объекте (Баборыкин, 2013).

Опыт применения воздушного ЛС при решении задач мониторинга ОГП на линейных объектах показал, что применение ЛС позволяет отчасти сократить время выполнения полевых работ и эффективно решать стандартные задачи геодезии при картографировании, а также задачи обнаружения геоопасных явлений и их мониторинга. Практический опыт реализации работ по воздушному ЛС позволил сформулировать основные технико-методические требования при мониторинге ОГП на линейных объектах (Баборыкин и др., 2014). Известны также примеры в зарубежной литературе успешного применения наземного лазерного сканирования при мониторинге динамики оползневых объектов в Италии (Barbarella et al. 2012).

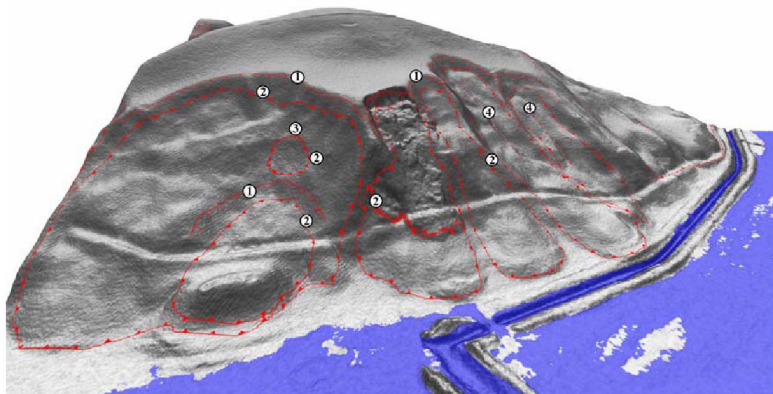


Рис. 1. Воздушное лазерное сканирование, проведённое в благоприятных условиях с высокой точностью.

а – вид сверху с вертикально расположенным излучателем освещения; б – высокоточная 3D модель рельефа; в – высокоточная 3D модель рельефа с контурами оползневых тел, 1 – бровка срыва; 2 – тело оползня; 3 – трещина растяжения; 4 – линейная эрозия.

Вместе с тем, в условиях наблюдений на участках со сложными метрологическими свойствами объектов (сложный сильно залесённый рельеф), точность измерения ЛС недостаточна для проведения достоверных построений и оценки морфодинамики геоопасных явлений, ошибки измерения могут достигать нескольких метров. В связи с чем, в наиболее труднодоступных для высокоточного дистанционного измерения сложных участках необходимо использовать классический геодезический метод (СП 11-104-97) (либо с дополнением наземного ЛС, либо без него) с адекватной расстановкой геодезических профилей и при необходимости специализированного оборудования (инклинометры, тросовые реперы, экстензометры и др.), что ведёт за собой удорожание, но позволяет получить необходимые данные для достоверных последующих прогнозных оценок на соответствующих участках. Классические геодезические измерения деформаций, базирующиеся на установке репперов в неподвижном грунте необходимы также для привязки и верификации данных ЛС.

Заключение. Успешное достижение цели мониторинга – эффективное управление природно-технической системой с це-

люю снижения рисков и обеспечения геобезопасности, напрямую зависит от качества учета инженерно-геологических условий обуславливающих все многообразие геоопасных явлений. Для достижения этой цели необходимо применение рационального технико-методического комплекса наблюдений, в системе мониторинга с учетом сложности строения и свойств объектов исследования. Применение технологии воздушного лазерного сканирования в комплексе технико-методических средств позволит существенно повысить качество геотехнического мониторинга на линейных объектах и отвечает требованиям рациональной пространственно-временной организации процесса мониторинга.

Литература

Баборыкин М.Ю. 2014. Дешифрирование опасных геологических процессов для повышения качества на линейных объектах // [Электронный ресурс] URL: <http://www.geomark.ru/pres/2014.06.10/BaborikinMU/index.html#1>

Баборыкин М.Ю. 2013. Мониторинг опасных геологических процессов на линейных объектах // Инженерные изыскания. № 10–11. С. 44–55.

Королёв В.А. 2007. Мониторинг геологических, литологических и экологических систем. М.: КДУ. С. 67; 245–248.

СНиП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуальная редакция СНиП 22-02-2003.

СНиП 22-02-2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения.

Иванов И.П. 2001. Ю.Б. Тржцинский. Инженерная геодинамика. СПб.: «Наука». С. 24–28; 49–55.

СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуальная редакция СНиП 2.02.01-83*.

СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства.

M. Barbarella, M. Fiani. 2012. Landslide monitoring using terrestrial laser scanner: Georeferencing and canopy filtering issues in a case study. International archives of the photogrammetry, remote sensing and spetial information sciences. // Volume XXXIX-B5. P. 157–162.