

Оценка угроз оползневых процессов на территории Южного Федерального Округа по данным ДЗЗ

Л.А. Шляхова ¹, В.И. Повх ²

¹*Ростовский государственный университет путей сообщения,
344038 Ростов-на-Дону, пл. Народного Ополчения, 2
E-mail: Shell221@mail.ru*

²*Южный региональный информационно-аналитический центр,
344082 Ростов-на-Дону, Буденовский проспект, 27
E-mail: dzz@dzz.ru*

Рассматривается возможность решения одной из актуальных для Юга России задачи объективной оценки природно-техногенных угроз функционированию автомобильной и железной дорогам вследствие оползневых процессов по данным дистанционного зондирования Земли. Предложенные подходы базируются на прикладных аспектах концепции информационно-измерительной системы с использованием спутниковых и тестовых наземных данных. Приведены примеры практической реализации обсуждаемых методик по выявлению угроз оползневых процессов инженерным сооружениям для нескольких участков целевой территории.

Ключевые слова: оползневый процесс, дешифровочный признак, тестовый участок, текстура, спутниковые изображения высокого разрешения.

Введение

В последние годы глобальные изменения климата приводят к развитию опасных природных процессов для функционирования жизненно важных объектов на всех континентах. Большую опасность для инженерных сооружений и транспортных магистралей, ведущую к разрушительному эффекту, представляет собой природный и природно-техногенный процесс, связанный с гравитационным смещением грунтовых масс, оползни. Эксплуатация объектов земляного полотна и полотна автомобильной дороги реализуется при возможных проявлениях обсуждаемого неблагоприятного процесса, что приводит к соответствующим деформациям. Для принятия эффективных технических решений необходима информация о стохастической изменчивости природной климатической среды (ПКС), сопряженной с характеристикой изменчивости во времени структуры и параметров инженерных сооружений (Ревзон, 1993). Использование спутниковых изображений высокого разрешения позволяет выделить на снимках трассы автомобильных дорог и обеспечить возможность распознавания образов, анализа ландшафтных комплексов на больших площадях при различных их масштабах и пространственном разрешении на местности. Результат достигается с привлечением схем комплексного районирования больших территорий по опасным природным процессам с инженерной оценкой рельефа: оползнеопасных склонов, областей денудации и расчленения, ландшафтных особенностей, поверхностных отложений. Ещё большая информативность достигается при совместном анализе космических снимков и топографических карт, в которых содержатся количественные значения параметров рельефа. При такой информации удобно определять опорные пункты, фиксированные точки (по топографическим инженерно-геологическим условиям), вести трассирование автодорожной

линии. Данные дистанционного зондирования Земли и результаты их тематической обработки могут составлять информационную основу технологии независимого объективного мониторинга дорожного хозяйства в целях оценки природно-техногенных угроз функционированию автомобильной (железной) дороги. При этом организационно обсуждаемый мониторинг по данным ДЗЗ определен как измерительная система информационного обеспечения (ИСИО), включающая в себя программно-аппаратные комплексы приема, первичной обработки, тематического анализа данных ДЗЗ, электронные архивы и распределенные сети сбора и передачи информации (Повх и др., 2008). Основу подхода к построению космического мониторинга составляет выделение в качестве первичного объекта отдельного тестового участка целевой территории с оползнеопасными склонами, примыкающего к автомобильной (железной) дороге, с уникальными характеристиками, выраженными в табличной и пространственной форме. Мониторинг целевой территории любого ранга складывается из анализа состояния всего множества участков, подверженных оползням, размещенных на этой территории. Выделяются три основных уровня целевых территорий: уровень тестового участка, уровень районной дороги и уровень федеральной автодороги, для каждого из которых на базе однотипных методик тематического анализа данных ДЗЗ разрабатывается адаптированная к специфике управленческих задач подсистема ИСИО.

Настоящая работа имеет методическую направленность и рассматривает подходы к разработке ИСИО объективной оценки природно-техногенных угроз функционированию автомобильной и железной дорог вследствие оползневых процессов по данным ДЗЗ.

Исходная информация

Данные дистанционного зондирования Земли

Используемой информацией ДЗЗ являются: одновременные оптические снимки высокого разрешения с аппаратов «Ресурс-ДК», QuickBird и GeoEye; спутниковые данные высокого пространственного разрешения – изображения аппаратуры ETM+ спутника Landsat-7; изображения, полученные в красном (620-670 нм) и ближнем инфракрасном каналах (841-876 нм) спектрорадиометра MODIS ИСЗ «Терра» с 250-метровым пространственным разрешением, дополненные векторными слоями по целевой территории на основе снимков системы LANDSAT (КФА-1000 – для априорной информации); данные аэрофотосъемки целевой территории.

Периодичность получения данных ДЗЗ для мониторинга генезиса оползневого процесса во времени – по сезонам, а также после антропогенного и техногенного воздействия. В условиях облачного покрытия территории целесообразно использовать алгоритм предварительной обработки снимков (Барталев и др., 2005) Тематическую обработку снимков для решения поставленной задачи предлагается выполнять в среде специализированного программного обеспечения ENVI 4.1.

Наземные тестовые данные и априорная информация

Для проведения тематического анализа космической информации и построения статистических моделей необходимы обучающие выборки синхронно или квазисинхронно измененных дистанционных и опорных наземных данных. Информацию получают с помощью

полевых геологических обследований специально отобранных тестовых участков с оползнеопасными склонами. Критерий выбора тестовых территорий – это участки, наиболее репрезентативно отражающие состояние основных показателей оползневого процесса. Выбор тестовых участков определяется стремлением отразить в тестовых выборках основные дешифровочные признаки и индикаторы: конфигурацию оползневого участка придорожной территории, структуру оползневого тела и др., а также возможностью использовать систематические долговременные данные о геологических процессах и техногенных воздействиях на целевой территории. В связи с развитым подходом обсуждаемые данные включают:

- результаты инженерно-геологического обследования тестовых участков с оползнеопасными склонами на период космической съемки (квазисинхронно);
- картографический материал по ландшафту тестового участка;
- данные о состоянии растительности как индикатора типа оползня;
- координатно-временное обеспечение, основанное на использовании глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS;
- данные о метеоусловиях, степени увлажнения почв.

Априорная долговременная информация включает: геологические данные устойчивости склонов целевой территории; данные об антропогенных и техногенных воздействиях в пределах целевой территории; топографические карты с количественными значениями параметров рельефа; инженерно-технический паспорт тестового участка.

Методика и пример реализации

Основной целью исследований при разработке методики оценки угроз оползневых процессов по данным ДЗЗ является: на первом этапе – физическое и формализованное математическое описание функции связи между дистанционно измеряемым дешифровочным признаком объекта (спектральная яркость, фототон, яркостный контраст и пр.) и параметрами, характеризующими динамическое состояние природного объекта (устойчивость склона, влажность грунтов, уровень залегания грунтовых вод, подтопление и пр.); **на втором этапе** – описание связи и количественная оценка влияния природной среды на состояние инженерных сооружений. Достижение конечного результата в данном направлении требует исследований **по двум аспектам**:

- организация и проведение совмещённых (спутниковых и наземных) комплексных экспериментов по сбору информации с учётом специфики пространственно-временной изменчивости динамического состояния исследуемых природно-транспортных систем (ПТС);
- построение или привлечение известного алгоритма дешифрирования космической информации. При этом используется следующий алгоритм:

1. Выявить по данным космического снимка (КС) на основе косвенных дешифровочных признаков (ландшафтное дешифрирование) воздействующий на выбранный тестовый участок автодороги опасный природный оползневый процесс.

2. Провести предварительную обработку космического снимка.

3. Выполнить тематическое картирование:

- а) векторный слой исследуемого района в целом;
- б) векторные слои тестовых участков;
- в) формирование тематического векторного слоя;

- г) сохранение векторных слоев в формате ENVI (экспорт в ArcView GIS);
- д) формирование выходных документов (тематическая карта как продукт информационного обеспечения в системе предупреждения аварийных ситуаций).

4. Провести ранжирование величины оползневого воздействия на состояние инженерного сооружения (полотна автодороги, объектов земляного полотна) с привлечением априорных данных (инженерно-технический паспорт тестовых участков) и оперативной опорной информации.

5. Оценить возможность анализа риска природных опасностей на основе математического моделирования.

Как пример развитого подхода, в работе представлен опыт ландшафтно-индикационных исследований материалов космической фотосъемки территории Ростовской области вблизи участка СКЖД (ст. Александровка) с участками районных автомобильных дорог, полученных с КА «Ресурс» фотокамерами МК-4 с разрешением на местности до 6 м (1995 г.) и КФА-1000 с разрешением 4 м (1999 г.) (рис. 1). На участке прогнозируется зарождение деформаций земляного и полотна автомобильных дорог, ввиду выявленного неблагоприятного природного процесса – вязко-пластических оползней на склоне. Результаты измерений приемником GPS 12XL (GARMIN) позволили определить координаты и высоту наиболее репрезентативных 7 точек на местности для описания состояния оползнеопасного склона и введения этих данных в систему обработки космического изображения.

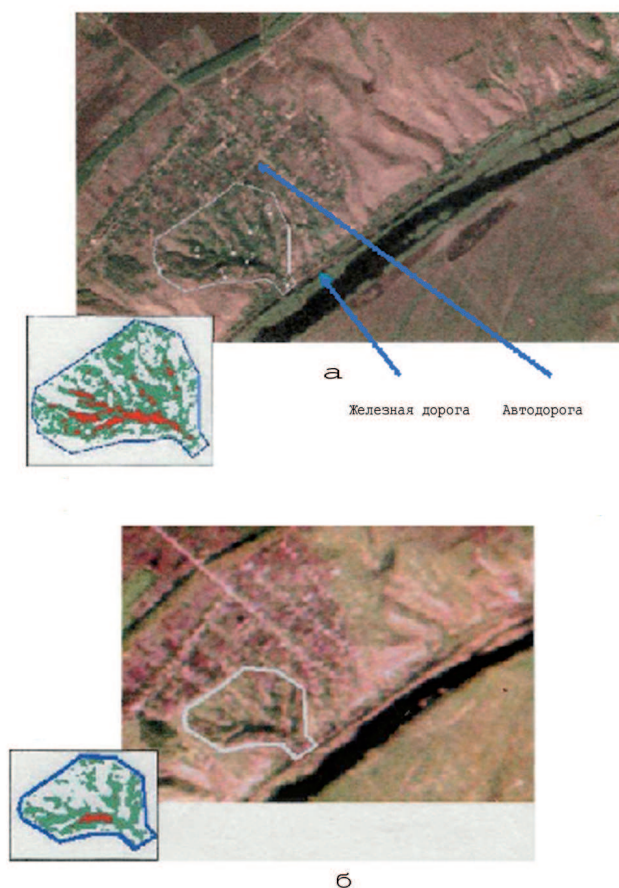


Рис. 1. Оценка динамики оползневого процесса на участке СКЖД (ст. Александровка) и прилегающих автомобильных дорог по данным тематической обработки космических фотоснимков: а) КФА-1000 с КА «Ресурс»; б) МК-4 с КА «Ресурс-Ф»

Методика тематической обработки космических фотоизображений не являлась полностью автоматизированной и включала участие эксперта на определенных этапах, а также визуальный анализ снимка с целью выделения магистралей дорог и предварительную идентификацию дешифрируемых объектов на основе наземной опорной информации. Из полученного множества контуров был создан набор независимых эталонов, отвечающий данным наземного наблюдения. Классификация изображения по тестовым участкам выполнялась по методу максимального правдоподобия (решающее правило – Maximum Likelihood). В соответствии с предложенной методикой на основе спектральных признаков изображения и данных наземных наблюдений (идентификация различных классов ландшафта и особенности рельефа) проведен кластерный анализ в среде ПК ENVI 4.1 и, используя гистограммы распределения яркости, статистически описаны два состояния оползневого процесса – опасное и особо опасное (рис. 1).

При автоматизированной обработке снимков выявлены и рассчитаны площади, занятые различными классами. Для 1995 г. опасная зона, подверженная оползневному процессу составляет 34318 м², особо опасное состояние – 1795 м². Сравнение площадей особо опасных участков для октября месяца 1995 и 1999 гг. (площади выделенных классов увеличились – 43814 и 2209 м², соответственно) свидетельствует о тенденции развития оползневого процесса из-за роста интенсивности водотока и антропогенной нагрузки, что констатирует необходимость принятия решений о назначении инженерных противодеформационных мероприятий для предотвращения угроз функционированию автомобильным и железной дорогам от оползневых процессов. Тематический анализ космических снимков последних лет (рис. 2) подтверждает вывод о развитии оползневого процесса на целевой территории.

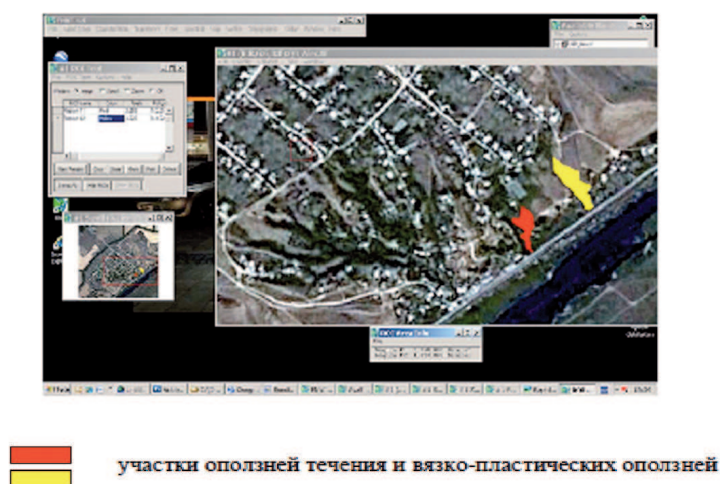


Рис. 2. Оползневый процесс (вязкие пластические оползни и оползни течений) на участке СКЖД (ст. Александровка) по данным с КА Quick Bird (12.05.2009)

В период активной фазы строительства инфраструктуры в районе Адлер – Красная Поляна для проведения зимних олимпийских игр разработка системы мониторинга развития оползневых процессов в зонах, соприкасающихся с железной и автомобильной дорогами, приобретает особую актуальность. В продолжение работ по тематическому картированию оползневой опасности по предложенной методике проведена обработка снимков высокого разрешения с различных космических аппаратов (Quick Bird, RapidEye, ALOS) для последних лет. Сравнительный анализ по полученным данным позволяет выделить как наиболее информативные снимки с КА Quick Bird для оценки угроз оползней для выделенной территории интереса (рис. 3).




 участки оползней течений и склоновых оползней

Рис. 3. Оползневый процесс на участке автомобильной дороги Адлер – Красная Поляна, Краснодарский край по данным с КА Quick Bird (17.09.2009)

Литература

1. Ревзон А.Л. Космическая съёмка в транспортном строительстве. М.: Транспорт, 1993. 272 с.
2. Барталев С.А., Луян Е.А., Нейштадт И.А., Савин И.Ю. Дистанционная оценка параметров сельскохозяйственных земель по спутниковым данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2005. Т. II. С.228-236.
3. Повх В.И., Шляхова Л.А., Воробейчик Е.А. Использование технологий и услуг данных дистанционного зондирования Земли из космоса для решения задач экологического мониторинга в Южном федеральном округе // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса., 2008. Вып. 5. Т. II. С.419-423.

Landslides threat assessment in the Southern Federal Region of Russia using remote sensing data

L.A. Shlyakhova¹, V.I. Povkh²

¹Rostov State Transport University,
344038 Rostov-on-Don, sq. Narodnogo Opolchenya, 2
E-mail: Shell221@mail.ru

²South Regional Information & Analytical Centre,
344082 Rostov-on-Don, Bydenovsky street, 27
E-mail: dzz@dzz.ru

An opportunity is considered to solve one of the urgent for the Southern part of Russia problem of the objective assessment of natural and anthropogenic threats for the motor highway and railway road function due to the landslide processes using remote sensing data. The proposed approaches are based on the applied aspects of the information and measurement system concept driven by satellite and testing ground-based data. Examples are shown of a practical realization of the techniques under discussion concerning the threats exposure of the landslide processes for the engineering constructions on several sites of the target area.

Keywords: landslide process, recognition feature, test site, texture, satellite imagery of high resolution.