

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ РАДАРНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСЕДАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РАЙОНЕ УГЛЕДОБЫЧИ

К.Н. Апачиди¹, О.Р. Верещагин¹

Научные руководители - Д.В. Мозер², О.С. Токарева¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия

²Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

E-mail: xeniasoleil@gmail.com

Введение

При добыче угля и других полезных ископаемых происходит оседание земной поверхности и образуются зоны обрушения и сдвижения [1], при этом возникает риск повреждения и разрушения различных объектов на расположенных рядом территориях. В связи с этим актуальным является своевременное обнаружение и прогноз процессов оседания в их начальной стадии для предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Использование современных возможностей дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса позволяет получать оперативные сведения о местоположении, скорости и характере изменения поверхности. Например, в [2] изложены результаты применения данных радарных космических снимков, получаемых со спутника ENVI-SAT для мониторинга территории Карагандинского угольного бассейна.

Целью данной работы является оценка оседания земной поверхности в районе угледобычи на основе радиолокационных данных со спутников Cosmo-SkyMed и данных наземных исследований.

Объекты и методы исследования

Изучение оседания поверхности проводилось в районе выработки шахты им. Т. Куземабаева в Карагандинской области. Для определения границ опасных участков были совмещены планы горных работ шахты и карта изучаемой территории в Google Earth. В результате было определено, что в центре данного участка находится пересечение железнодорожного пути и автотрассы А17 вблизи п. Актас. Таким образом, сдвижение и обрушение грунта на рассматриваемом участке может привести к деформации железнодорожного полотна и поверхности автомобильной автодороги, и, в конечном итоге, к опрокидыванию поездов и автокатастрофам.

В настоящее время активно развивается спутниковая радарная интерферометрия – метод измерений, использующий эффект интерференции электромагнитных волн. Интерферометрическая обработка пар и серий снимков выполняется, в частности, с целью определения просадок земной поверхности и является одним из уникальных и перспективных направлений в использовании радарных снимков. Получаемая в результате обработки снимков интерферограмма представляет собой разностно-фазовую картину поверхности,

которая строится путем комплексного перемножения основного изображения и изображения, комплексно-сопряженного к вспомогательному.

Для исследований использовались космические радарные снимки со спутников Cosmo-SkyMed 1–4, которые оснащены антенной с синтезированной апертурой, позволяющей выполнять интерферометрическую съемку земной поверхности с пространственным разрешением лучше 1 м на местности. Съемка проводится в X-диапазоне электромагнитного спектра с длиной волны 3,1 см [3]. Для построения интерферограммы выбрана пара снимков с датами съемки 9 и 13 мая 2014 г.

Построение интерферограммы местности проводилось с использованием модуля Interferometry комплекса SARscape системы для обработки данных ДЗЗ ENVI. SARscape Interferometry предназначен для обработки интерференционных радиолокационных данных (интерферометрия с двух соседних витков, InSAR) и дифференциальных интерференционных радиолокационных данных (интерферометрия n проходов, DInSAR) для создания цифровых моделей рельефа, карт когерентности и смещений/деформаций земной поверхности [4].

Наземная оценка степени оседания на исследуемой территории проводилась одним из классических методов измерения скорости сдвижения и деформации земной поверхности – нивелированием. В работе использован оптический нивелир NA720 фирмы Leica. Среднеквадратичная ошибка нивелира составляет 2,5 мм на один километр двойного хода, при этом можно измерять расстояния с точностью 1,5 мм при удалении от цели на 30 м. Для объективной оценки степени оседания необходимо проводить 3–4 серии измерений

Обсуждение результатов

На интерферограмме (рис. 1), полученной с использованием указанных выше снимков, отчетливо видна зона оседания земной поверхности в виде концентрических окружностей темного и серого цвета в центре рисунка. Количественная оценка степени оседания поверхности произведена путем создания профилей рельефа местности по изолиниям (рис. 2), построенным по данной интерферограмме. Установлено, что в период с 9 по 13 мая 2014 г произошло оседание поверхности в пределах от 0,5 до 3 см. Помимо изолиний и линий создания профилей, на рис. 2 графиками се-

рого цвета показана интерполированная поверхность, построенная на основе полученных данных, позволяющая прогнозировать развитие процессов оседания.



Рис.1 Интерферограмма изучаемой местности

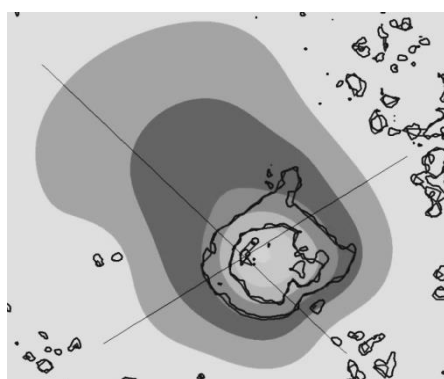


Рис.2 Изолинии на участке оседания поверхности с нанесенными линиями построения профиля и интерполированной поверхностью

Изложенные результаты были подтверждены при наземном мониторинге исследуемой территории методом нивелирования. На месте расположения железнодорожных путей и прохождения забоя лавы шахты им. Кузембаева были заложены наблюдательные станции для проведения систематических инструментальных наблюдений за оседанием поверхности. Результаты 3 серий измерений представлены в таблице. Анализ полученных данных показал постепенное оседание земной поверхности в пределах 1-8 см в период с 24 по 27 мая 2014 г. и размер оседания в пределах 1-9 см в период с 27 мая по 11 июня 2014 г.

Заключение

Таким образом, по результатам обработки радарных снимков со спутников Cosmo-SkyMed установлено наличие процессов оседания поверхности Земли в районе шахты им. Кузембаева, расположенной в Карагандинской области, что подтверждено данными наземного мониторинга. На основе полученных данных можно производить не только оценку уже произошедших изменений поверхности, но и прогнозировать дальнейшее развитие процесса, величину и направление оседания, используя методы интерполяции данных и

принимать своевременные меры для обеспечения безопасности промышленных объектов и населения.

Таблица 1. Результаты измерений по трем сериям наблюдений

Но- мер репе- ра	1 серия 24.05.14	2 серия 27.05.14		3 серия 11.06.14	
	Абс. отметка $H_{абс.1}, м$	Абс. отметка $H_{абс.2}, м$	$\Delta H, м$	Абс. отметка $H_{абс.3}, м$	$\Delta H, м$
I Наблюдательная станция					
ТТ	527,350	527,350	0	527,350	0
R1	527,236	527,236	0	527,235	-0,001
R2	527,299	527,299	0	527,297	-0,002
R3	525,298	525,290	-0,008	525,317	-0,027
R4	524,764	524,750	-0,014	524,759	-0,009
R5	523,785	523,765	-0,020	523,746	-0,019
R 6	522,024	522,940	-0,084	521,845	-0,095
R 6-1		521,161	0	521,235	-0,074
II Наблюдательная станция					
R 7	524,200	524,172	-0,028	524,155	-0,017
R 6	522,025	521,940	-0,085	521,845	-0,095
R 8	519,972	519,952	-0,020	519,993	-0,041
R 9	519,311	519,293	-0,018	519,210	-0,083
R 10	518,520	518,506	-0,014	518,445	-0,061
R 11	516,673	516,678	0,005	516,666	-0,012
R 12	516,051	516,060	-0,009	515,996	-0,064
R 13		515,614	0	515,519	-0,095
R 14		515,851	0	515,949	0,098

Литература

1. Рыбникова Л.С., Рыбников П.А. Геофильтрационная модель массива горных пород в области влияния отрабатываемых и ликвидируемых рудников горноскладчатого Урала//Литосфера. – 2013. – № 3. – С. 130 – 136.
2. Мозер Д.В., Туякбай А.С., Гей Н.И., Нагибин А.А., Сатбергенова А.К. Мониторинг подработанных территорий Карагандинского угольного бассейна с использованием спутниковой радарной интерферометрии// Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2014. – т. 4. – № 1. – С. 14-18.
3. Космическая съемка. URL: <http://sovzond.ru/products/spatial-data/satellites/> (дата обращения: 12.09.2014).
4. Sarscape. URL: <http://www.sovzond.ru/products/software/sarscape/> (дата обращения: 12.09.2014).