УДК 622.831.1

Ю.И.КАНТЕМИРОВ, *научный сотрудник лаборатории природных опасностей, Y_Kantemirov@vniigaz.gazprom.ru*
Ю.Б.БАРАНОВ, *начальник отдела геоинформационных и космических технологий, Y_Baranov@vniigaz.gazprom.ru*
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», пос.Развилка, Московская обл.
Е.В.КИСЕЛЕВСКИЙ, *начальник отдела нормативного и маркшейдерско-геодезического обеспечения недропользования, E.Kiselevskiy@adm.gazprom.ru*
ОАО «Газпром», Москва
В.В.БИЛЯНСКИЙ, *главный маркшейдер, bilyanskij@ugp.gazprom.ru*
ООО «Газпром добыча Уренгой»
С.Э.НИКИФОРОВ, *консультант, nikiforovs@inbox.ru*
Ростехнадзор, Москва
В.Г.ГРЯЗНОВ, *руководитель проектов, vgg@geokosmos.ru*
ООО «НПП Геокосмос-ГИС», Москва
М.А.БОЛСУНОВСКИЙ, *заместитель генерального директора, sovzond@sovzond.ru*
ЗАО «Совзонд», Москва
ROBERT LANZL, *buisness development manager, robert.lanzl@infoterra-global.com*
Infoterra GmbH, Германия

Yu.I.KANTEMIROV, *research assistant of lab. of natural hazards, Y_Kantemirov@vniigaz.gazprom.ru*
Yu.B.BARANOV, *head of department of geoinform and space technologies, Y_Baranov@vniigaz.gazprom.ru*
Gasprom VNIIGAZ, Razvilka, Moscow reg.
E.V.KISELEVSKY, *head of department of utilization of earth's interior, E.Kiselevskiy@adm.gazprom.ru*
Gazprom, Moscow
V.V.BILYANSKY, *chief mine surveyor, bilyanskij@ugp.gazprom.ru*
Gazprom Urengoi
S.E.NIKIFOROV, *advisor of Rostechnadzor, nikiforovs@inbox.ru*
Rostechnadzor, Moscow
V.G.GRYAZNOV, *leader of projects, vgg@geokosmos.ru*
Geokosmos-GIS, Moscow
M.A.BOLSUNOVSKY, *deputy general director, sovzond@sovzond.ru*
Covzond Co., Moscow
ROBERT LANZL, *buisness development manager, robert.lanzl@infoterra-global.com*
Infoterra GmbH, Germany

КОНТРОЛЬ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ В ПРЕДЕЛАХ ГОРНЫХ ОТВОДОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Представлены результаты мониторинга деформаций зданий и сооружений в г. Новый Уренгой, расположенном в пределах горного отвода крупнейшего Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения. Мониторинг осуществляется на основе многопроходной космической радарной съемки, GPS-наблюдений и повторного геометрического нивелирования.

Ключевые слова: мониторинг деформаций зданий, многопроходная космическая радарная съемка, повторное геометрическое нивелирование.

CONTROL OF DEFORMATIONS OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS AT THE BUILT-UP TERRITORIES WITHIN MINING DIVERSIONS OF OIL AND GAS FIELDS UNDER CONDITIONS OF FAR NORTH

Results of monitoring of buildings' deformations in Noviy Urengoi town (situated inside the lease of giant oil and gas Urengoi field) are presented. Monitoring consists of multi-pass satellite radar imaging, GPS-measurements and repeated geometric leveling.

Key words: monitoring of buildings' deformations, multi-pass satellite radar imaging, repeated geometric leveling.

В 2008 г. ООО «ВНИИГАЗ» начат космический радиолокационный мониторинг смещений земной поверхности и деформаций зданий и сооружений в г. Новый Уренгой. В рамках этого мониторинга спланирована и выполнена целевая многопроходная радиолокационная космосъемка территории города со спутников ENVISAT (среднее пространственное разрешение) и TerraSAR-X (высокое пространственное разрешение). Проведены высокоточные наблюдения за смещениями земной поверхности на базовой GPS-станции, расположенной на административном здании ООО «Газпром добыча Уренгой». Проанализированы данные нивелирования по основным продольным и поперечным ходам нивелирования, пересекающим территорию города. Все полученные результаты интегрированы в геоинформационную систему и пространственно сопоставлены. На выходе получена карта смещений земной поверхности и деформаций зданий и сооружений по устойчивым отражателям радиолокационного сигнала, откалиброванная по данным GPS-наблюдений на базовой станции, и традиционных геодезических наблюдений.

30-проходная съемка территории г. Новый Уренгой со спутника TerraSAR-X была спланирована и осуществлена в 2008-2009 гг. при содействии российского дистрибьютора данных TerraSAR-X – компании «Совзонд» и при непосредственном участии оператора этого спутника – компании Infoterra GmbH (Германия). Дополнительно анализировались данные многопроходной радиолокационной съемки этого города со спутника ENVISAT (период наблюдений с 2004 по 2008 г.).

Интерферометрическая обработка данных TerraSAR-X и ENVISAT выполнялась по методу постоянных рассеивателей. При таком варианте обработки в одном процессе анализируются 15-30 проходов радарного спутника. За счет большего по сравнению со стандартной интерферометрической методикой количества проходов удается выявить устойчивые когерентные рассеиватели радиолокационного сигнала, для которых возможно определить скорости смещений с точностью ±1-2 мм. С другой стороны, за счет обработки многопроходной серии снимков удается в значительной степени удалить из фазовой картины атмосферные артефакты, как случайный фактор, единообразно не повторяющийся при долговременных многопроходных наблюдениях.

Специфика интерферометрической обработки радарных данных заключалась в том, что для отделения фазы смещений от топографической компоненты фазы в случае застроенной территории требуется не цифровая модель рельефа, а цифровая модель местности (с учетом высот зданий и сооружений). Особенно это требование актуально для данных высокого разрешения, таких как TerraSAR-X. Эта проблема была решена за счет использования высокодетальной цифровой модели местности г. Новый Уренгой, полученной по данным лазерного сканирования, выполненного специалистами компании «Геокосмос».

GPS-наблюдения на базовой станции осуществлялись специалистами службы главного маркшейдера ООО «Газпром добыча Уренгой». Результаты этих наблюдений обеспечивали наземную контрольную точку с известными планово-высотными

координатами и значениями смещений (точность наблюдений ±5 мм). Следует отметить, что такая высокая точность наблюдений обеспечивается за счет использования данных многочисленных поправок и корректций, регулярно публикуемых на соответствующих сайтах системы GPS. В связи с отсутствием подобной общедоступной Интернет-инфраструктуры для научных приложений у российской системы спутниковой навигации ГЛОНАСС, применение ГЛОНАСС-наблюдений для анализа смещений с миллиметровой точностью в настоящее время не представляется возможным. Однако в случае появления в будущем оперативно обновляемой информации подобного рода, позволяющей вести наблюдения за смещениями с такой точностью, внедрение ГЛОНАСС-наблюдений за смещениями можно будет осуществить в короткие сроки, поскольку уже сейчас маркшейдерско-геодезическими службами на месторождениях ОАО «Газпром» широко используется двухчастотное GPS/ГЛОНАСС-оборудование.

Для контроля по данным традиционных геодезических наблюдений анализировались результаты нивелирования по линиям высококачественных реперов глубокого залегания.

Анализ результатов мониторинга смещений земной поверхности и деформаций зданий и сооружений в г. Новый Уренгой, расположенном над крупнейшим Уренгойским нефтегазоконденсатном месторождением, позволил сделать выводы о наличии как природной, так и техногенной составляющей смещений. Выявлено несколько потенциально опасных градиентных участков в поле смещений и деформаций. Высокую эффективность в условиях городской застроенной территории показало совместное использование радарных и лидарных данных (радарно-лидарный мониторинг). Данные TerraSAR-X и ENVISAT (либо аналогичные с других спутников), по мнению авторов, необходимо применять в комплексе для взаимоконтроля. Минимальное количество проходов спутника для успешной интерферометрической обработки по методу постоянных рассеивателей, по опыту выполненных работ, для спутника ENVISAT составляет порядка 15-20, а для спутника TerraSAR-X – не менее 30-40 из-за значительно большей подверженности данных X-диапазона влиянию атмосферы.