

КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СМЕЩЕНИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

SPACE MONITORING OF DISPLACEMENTS OF HIGH-RISE BUILDINGS IN URBAN AREAS

*M. Sailygarayeva,
doctor PhD;*

*Zh. Baigurin,
doctor of engineering sciences,
professor,
KazNITU Named after K. Satbayev,
Republic of Kazakhstan;
N. Miletenko,
candidate of technical sciences,
senior researcher,
IPKON RAN.*

Moscow;

*Zh. Kozhayev,
associate professor,
KazNITU Named after K. Satbayev,
Republic of Kazakhstan.*

The article proposes a method for identifying and predicting deformations of engineering structures for their durable and safe exploitation based on a comprehensive method of geodetic monitoring.

Keywords: deformation processes, high-rise buildings, unique structures, monitoring, geodetic works, electronic total station, remote sensing, radar interferometry.

Для обеспечения нормальной работы высотных зданий и сооружений их конструкция должна быть устойчивой и сохранять проектное положение на весь период эксплуатации. Однако, вследствие конструктивных особенностей, влияния природных и техногенных факторов, многие строительные объекты подвержены различным деформационным процессам, характеризующиеся изменением как его пространственного положения в целом, так и взаимным положением отдельных частей конструкции и других элементов. Деформации высотных зданий и сооружений в процессе эксплуатации приводят к нарушению прочности строительных конструкций (фундамент, железобетонные колонны и балки и др. элементы) и могут вызывать оседания и просадки здания. Особую роль на деформационные процессы оказывают природные факторы, связанные в основном с инженерно-геологическими и гидро-геологическими процессами в толще горных пород и грунтов. Таким воздействием подвержен мегаполис, располагающийся в сейсмоопасной зоне разрывных тектонических смещений. Карстовые и склоновые участки (оползни, обвалы) вызывают коренные изменения грунтов под действием веса зданий и сооружений. Дополнительно на устойчивость зданий и сооружений оказывают влияние сезонные и многолетние колебания температуры, влажности и уровня грунтовых вод. Основными

М.А. Сайлыгараева,

phD доктор;

Ж.Д. Байгулин,

доктор технических наук,

профессор,

КазННТУ имени К.И. Сатпаева,

Республика Казахстан;

Н.А. Милетенко,

кандидат технических наук,

старший научный сотрудник,

ИПКОН РАН,

г. Москва;

Ж.Т. Кожаяев,

доцент,

КазННТУ имени К.И. Сатпаева,

Республика Казахстан.

Ключевые слова: деформационные процессы, смещения, высотные здания, уникальные сооружения, мониторинг, геодезические работы, электронный тахеометр, лазерное сканирование, цифровой нивелир, дистанционное зондирование Земли, радарная интерферометрия, карты смещений.

техногенными факторами, влияющими на устойчивость сооружений и их конструктивных элементов, являются смещение грунтов над подземными выработками, вибрация фундаментов, работа различных агрегатов, механизмов и транспорта. На деформации сооружений также влияют параметры здания и характеристики фундамента, которые могут вызывать дополнительные деформации в отдельной точке сооружения в виде осадков, горизонтальных смещений и других пространственных изменений.

В связи с вышеперечисленным, при строительстве высотных и уникальных зданий и сооружений огромное значение уделяется вопросам надежности и безопасности их эксплуатации на длительный период существования. Для решения этих важных вопросов разработаны эффективные методы выявления и прогнозирования деформаций инженерных сооружений для их долговечной эксплуатации.

Для обеспечения устойчивости и долговечности сооружений особую роль играет геодезический мониторинг, который заключается в наблюдениях за конструктивными элементами уникальных строительных объектов. Существующие методы инструментальных наблюдений позволяют определять различные виды отклонений несущих и ограждающих элементов конструкций от проектного положения, и в результате производится контроль технического состояния здания или сооружения.

Решением вопроса геодезического мониторинга за высотными зданиями и сооружениями является создание комплексной методики геодезического мониторинга на основе современной инструментальной базы приборов и техноло-

а)



б)



в)



Рис. 1. Высокоточные геодезические приборы:

а) тахеометр LEICA TS03 R500 (3"); б) наземный лазерный сканер Leica ScanStation P30; в) цифровой нивелир Leica LS15.

гий (электронные тахеометры, лазерные сканирующие устройства, космическая радиолокационная интерферометрия) (рисунк 1).

Такая технология инструментальных наблюдений позволяет в значительной степени повысить скорость и точность измерений, наглядно визуализировать результаты наблюдений с помощью компьютерных средств создания двухмерных и трехмерных цифровых моделей исследуемого объекта.

Одним из методов геодезического мониторинга деформаций является методика космических наблюдений за процессом деформирования высотных сооружений с использованием ДЗЗ. В результате наблюдений был проведен сбор высокоточных спутниковых данных с городских сетей GPS-пунктов, построены карты-схемы пространственно-временного распределения скорости движения деформаций (рисунк 2).

В результате обработки данных радарной интерферометрии для оценки смещений земной поверхности и состояния высотных зданий и сооружений на примере строящегося микрорайона получены значения смещения практически на каждое здание и сооружение. Максимальная вертикальная скорость смещения точек составила 300 мм/г. Причиной развития деформаций домов стало увлажнение грунтов оснований, которое произошло за счет повышенных осадков и постепенного накопления влаги в грунте из-за инфильтрации поверхностных вод.

Таким образом, комплексное изучение с использованием наземно-космических данных даёт нам возможность оценить активно протекающие деформационные процессы и выявить возможные причины развития деформации земной поверхности и зданий-сооружений (рисунк 3).

При обработке результатов радарной интерферометрии выявляются смещения от 1-3 мм, что приводит к минимальным значениям критериев точности измерений в соответствии с нормативными требованиями при радарной интер-



Рис. 2. Смещение отдельных жилых зданий.

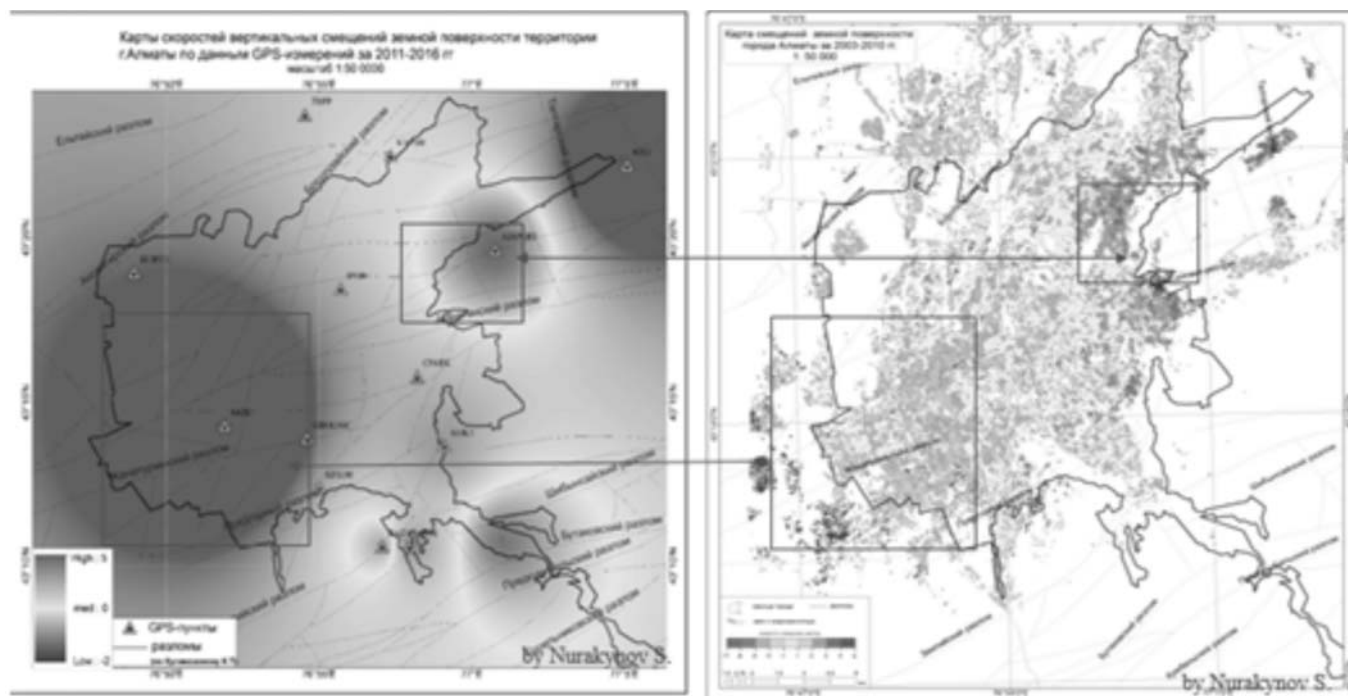


Рис. 3. Карты скоростей вертикальных смещений земной поверхности на территории строительных объектов.

ферометрической съемке. Выявленные деформационные смещения позволяют свести к минимуму рисковые показатели при эксплуатации зданий и сооружений или в значительной степени уменьшить их возможные последствия (оседания, крен, прогибы и т.д.).

В результате обработки данных космической радарной интерферометрии были получены карты вертикальных сме-

щений и деформаций земной поверхности и сооружений в векторном и растровом форматах. Также были рассчитаны карты вертикальных и горизонтальных сдвигов и построены файлы и изолинии смещений (рисунк 4).

В результате обработки данных радарной интерферометрии для оценки смещений земной поверхности и состояния высотных зданий и сооружений на примере

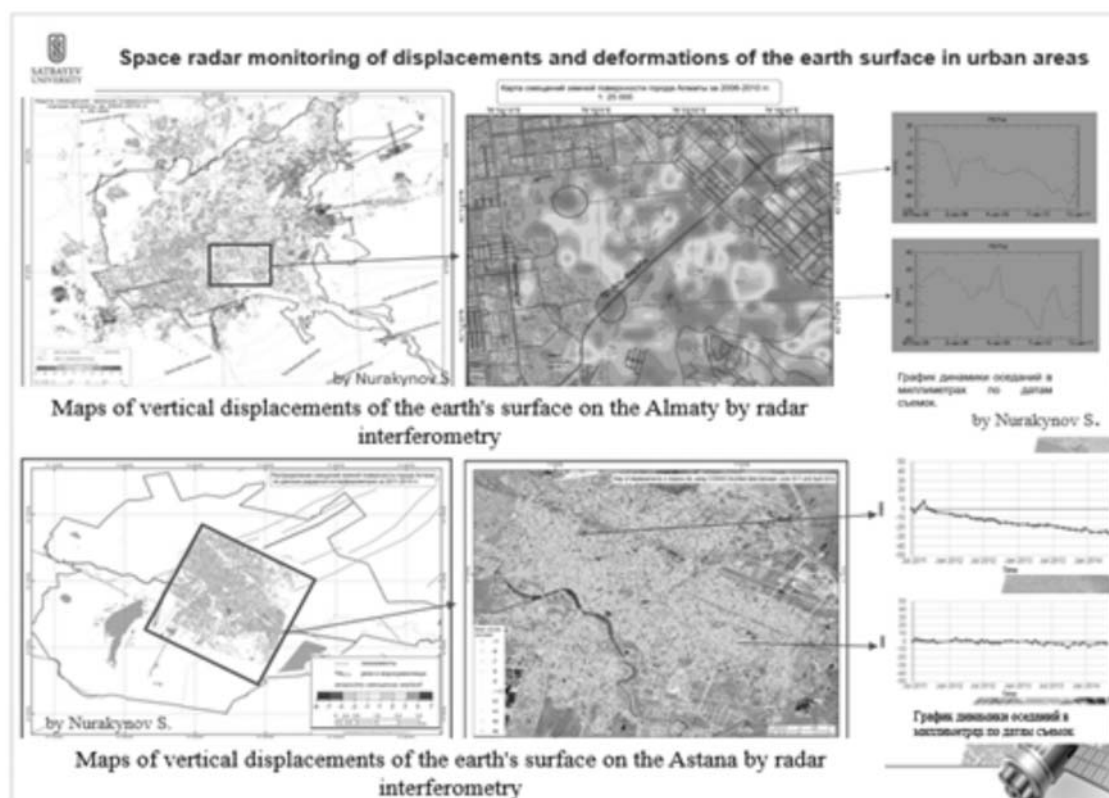


Рис. 4. Космический радарный мониторинг смещений и деформаций земной поверхности.



Рис. 5. Смещение отдельных жилых зданий.

строящегося микрорайона были получены значения смещения практически на каждое здание. На рисунке 5 изображены векторы смещения зданий. Максимальная вертикальная скорость смещения точек составила 300 мм/г. Причиной развития деформаций домов стало увлажнение грунтов оснований, которое произошло за счет повышенных осадков и постепенного накопления влаги

в грунте из-за инфильтрации поверхностных вод (рисунок 5).

Таким образом, комплексное изучение с использованием наземно-космических данных даёт нам возможность оценить активно протекающие деформационные процессы и выявить возможные причины развития деформации земной поверхности и зданий-сооружений. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Z. Zhantayev, A. S. Nurakynov, A. Kaldybayev «GPS-Derived Velocity Fields of Northern Tien Shan from Permanent Stations in Kazakhstan», IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Valencia, 2018, pp. 3189-3191. doi: 10.1109/IGARSS.2018.8518103 (IF= 0.32)
2. Методика геодезического мониторинга технического состояния высотных и уникальных зданий и сооружений. - М.: ООО «Тектоплан» МДС 13-22.2009, 80 с.
3. Михелев Д.Ш., Рунов И.В., Голубцов А.И. Геодезические измерения при изучении деформаций крупных инженерных сооружений. М. Недра 1977 г. 152 с.
4. Zhantayev Zh., Junisbekova V., Nurakynov S. Assessing the suitability of Sentinel-1 data for subsidence monitoring // GIS IN CENTRAL ASIA CONFERENCE - GISCA'18 Geoinformatics for Regional Development, - Almaty, - June 14-17, 2018.
5. Марфенко С.В. Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений. Учебное пособие. - М. МИИГАиК, 2004,- 36 с.: ил.



AMM 2022: Актуальные пути развития ГМК в Казахстане

Информируем Вас

С 16 по 17 июня 2022 в столице Казахстана в двенадцатый раз состоится Международный горно-металлургический Конгресс Astana Mining & Metallurgy – AMM 2022. По вопросам участия в Конгрессе и выставке, пожалуйста, обращайтесь:

- e-mail: Olga.R@iteca.kz tel: +7 (701) 776 17 78
- e-mail: anna.s@iteca.kz tel: +7 (707) 814 04 04

WWW.N-GN.RU