

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СООРУЖЕНИЙ В ЗОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕТРОПОЛИТЕНА Г. АЛМАТЫ

Х. М. Касымканова, С. Б. Юсупов, О. Байтурбай,

*Казахский национальный исследовательский технический университет (КазНУ) имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан;*

М. М. Оразымбет, КазНУ имени Аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

Аннотация: В статье приведены результаты мониторинга состояния зданий и сооружений при строительстве и эксплуатации метрополитена г. Алматы, находящихся в радиусе 80 метров. Показано, что проведение геодезического мониторинга и наблюдений за деформациями инженерных сооружений с помощью современных геодезических приборов, таких как глобальные навигационные спутниковые системы, электронные тахеометры, лазерные нивелиры, позволит получить информацию о протекающих деформационных процессах в зданиях и сооружениях, находящихся в непосредственной близости от строящегося или эксплуатируемого метрополитена, с высокой степенью точности, что обеспечит своевременное принятие управленческих решений для длительной и безопасной эксплуатации.

Ключевые слова: метрополитен, здания, сооружения, деформации, трещины, геодезический мониторинг, электронный тахеометр, нивелир, лазерный сканер.

Для цитирования: Касымканова Х. М., Юсупов С. Б., Байтурбай О., Оразымбет М. М. Наблюдения за деформациями сооружений в зоне строительства метрополитена г. Алматы // Маркшейдерия и недропользование. 2024. № 2. С. 56-61. DOI: 10.56195/20793332_2024_2_56_61.

OBSERVATIONS OF DEFORMATIONS OF STRUCTURES IN THE ALMATY METRO CONSTRUCTION ZONE

Kh. M. Kasymkanova, S. B. Yusupov, O. Baiturbay,

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan;

M. M. Orazymbet, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract: The article presents the results of monitoring the condition of surface buildings and structures during the construction and operation of the Almaty metro located within a radius of 80 meters. In such a situation, the problem of managing geodynamic processes during the construction and operation of the subway can be solved on the basis of the methodology of conducting geodetic monitoring of the condition of engineering structures considered in this article. It is shown that when conducting geodetic monitoring and monitoring of deformations of engineering structures using modern geodetic instruments such as global navigation satellite systems, electronic total stations, laser levels, it will allow obtaining information about the ongoing deformation processes of buildings and structures located in close proximity to the metro under construction and in operation with a high degree of accuracy, which will ensure timely management decisions solutions for long-term and safe operation.

Keywords: structures, deformation, types of deformations, cracks, geodetic monitoring, electronic tachymeter, levels, laser scanners.

For citation: Kasymkanova Kh.M., Yusupov S.B., Baiturbay O., Orazymbet M.M. Observations of deformations of structures in the Almaty metro construction zone. Surveying and subsoil use. 2024;(2):56-61. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_2_56_61.

Алматы — город, расположенный на юго-востоке Республики Казахстан, в самом центре Евразийского континента, географические координаты которого: 43° N (северной широты) и 77° E (восточной долготы), на северном хребте Тянь-Шаньских гор Заилийского Алатау. Как и все горные системы, Тянь-Шаньские горы имеют широтное простираение.

Особенность строительства метрополитена в городе Алматы заключается в том, что имеется ряд сложных геотехнических факторов:

1. Сейсмическая активность в городе очень высока и достигает 9-10 баллов по шкале MSK-64.

2. Рельеф является наклонным, так как находится в районе межгорной впадины.

3. Состав грунтов - разнообразный и слабоустойчивый, галечники имеют включения валунов почти до 3 метров в диаметре.

4. Глубины заложения станционных тоннелей и перегонных станций разнообразны, есть районы мелкого заложения от 11 метров и глубокие, составляющие 60 метров [1-3].

Несмотря на такие трудные условия, в настоящее время высоким темпом ведется строительство первой ветви метрополитена.

Обзорная карта района ведения метрополитена приведена на рисунке 1.

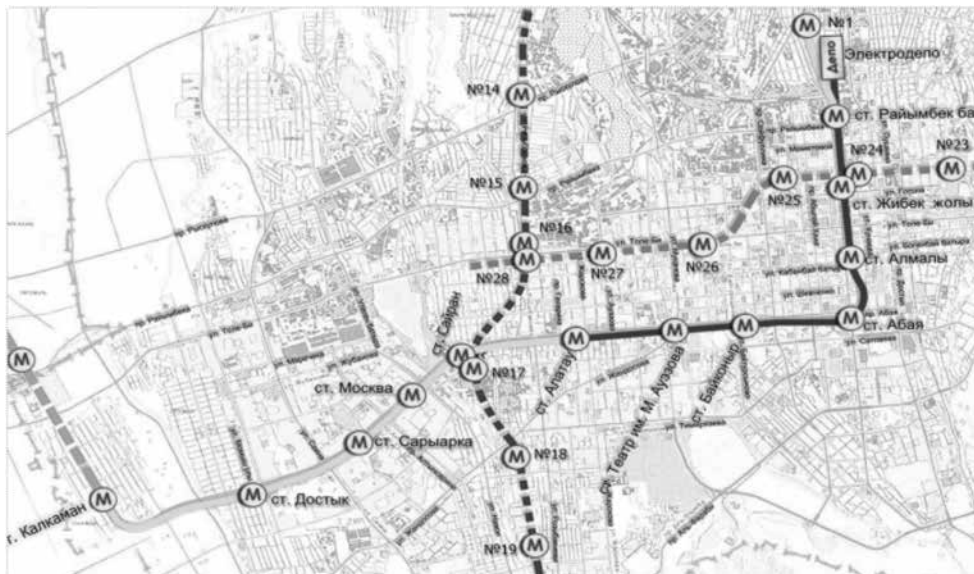


Рис. 1. Линии метрополитена г. Алматы

Fig. 1. Almaty metro lines

Основное содержание

По генеральному плану развития города в Алматинском метрополитене планируется построить 24 станции, 11 из которых по состоянию на 2023 год находятся в эксплуатации. Станция метро «Абай» — одна из остановок, которые составляют первую линию алматинского метрополитена. Эта линия, включающая в себя первые семь станций, была сдана в эксплуатацию в 2011 году после долгих лет строительства, задержек и сложных технических условий.

Станция «Абай» получила имя в честь Абая Кунанбаева, известного казахского поэта, писателя и общественного деятеля. Имя Абая Кунанбаева олицетворяет культурное наследие Казахстана, и его личность считается символом национальной культуры.

Таким образом, станция метро «Абай» в Алматы является частью важной инфраструктуры города, она подвергалась тщательным геодезическим мониторинговым наблюдениям для обеспечения безопасности и надежности.

Целью мониторинга является описание работ по длительному наблюдению близлежащих в районе 80 метров зданий, сооружений и коммуникаций при строительстве и эксплуатации метрополитена в городе Алматы [4, 5].

Для мониторинга деформаций на станции и в ее окрестностях использовались современные приборы, включая роботизированные электронные тахеометры Leica Geosystems, так как надежное и точное геодезическое обеспечение имеет важное значение для безопасности и долгосрочной эксплуатации инфраструктуры метрополитена.

Путем проведения прямых наблюдений с использованием геодезических методов мы получили достоверную информацию о деформациях, наклонах и смещениях инженерных сооружений на месте. По мере совершенствования точности

и оперативности геодезических измерений расширяются области проблем, где современная геодезия может внести значительный вклад. Одним из таких вопросов является мониторинг состояния сооружений с применением современных геодезических инструментов [6].

В настоящее время в связи с разработкой и внедрением в производство новых геодезических приборов становятся широко распространенными автоматизированные информационные системы для обеспечения геодезической поддержки уникальных инженерных комплексов. Кафедра маркшейдерского дела и геодезии Сатпаев-университета активно работает над обеспечением надежности наземных и подземных сооружений метро с использованием современных геодезических приборов (рис. 2).

В связи с разработкой и внедрением в производство новых геодезических приборов нового поколения автоматизированные информационные системы для



Рис. 2. Станция метро «Абай» (а); здания на земной поверхности станции (б)
Fig. 2. The metro station Abai (a); the building on the Earth's surface of the station (b)

обеспечения геодезической поддержки уникальных инженерных комплексов стали широко распространенными. Среди современных методов и средств исследования смещений и деформаций земной поверхности особенно эффективными оказались технологии спутниковой системы, такие как GPS (глобальное позиционирование). Спутниковые системы GPS играют важную роль в создании основы для расчета деформаций и геоинформационных систем, которые способны прогнозировать параметры деформационных процессов. Помимо GPS-технологий, проводятся систематические наблюдения за инженерными сооружениями с использованием электронных тахеометров и нивелиров [7-9].

Основной целью мониторинга прогнозирования деформаций является оценка будущего состояния сооружения с учетом его надежности, долговечности и безопасности в эксплуатации. Кроме того, прогноз позволяет разработать разумное расписание работ по ремонту и реставрации. С точки зрения геодезических задач прогноз также позволяет определить точность измерений и частоту наблюдений за деформациями [10, 11].

Материал и методы исследований

Прогнозирование осадок на стадии проектирования обычно выполняется методами строительной механики и механики грунтов, но из-за сложности получения расчет-

ных параметров, разнообразных свойств грунтов и воздействия различных внешних факторов такие расчеты могут значительно отличаться от практических данных. Только непосредственные геодезические наблюдения могут успешно решить задачу прогнозирования, поскольку геодезический метод позволяет вести натурное наблюдение за деформациями сооружения.

При мониторинге деформаций в подземных выработках, таких как станция «Абай» городского метрополитена в г. Алматы, в качестве датчиков использовались роботизированные электронные тахеометры от Leica Geosystems. Проведены наблюдения за состоянием нескольких уникальных сооружений в городе Алматы с помощью электронных тахеометров фирмы Leica моделей TS110 и TS120. Обработка данных спутниковых наблюдений осуществлялась с использованием стандартной программы SKI от фирмы Leica в Швейцарии, которая входит в комплект GPS-приемников [12-14].

Результаты исследований и их обсуждение

В результате обработки данных спутниковых наблюдений были получены плановые координаты для всех точек в сети в местной системе координат и высотные отметки реперов станции «Абай», результаты приведены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1 / Table 1

Результаты высотного мониторинга точек зданий и сооружений
Results of high-altitude monitoring of points of buildings and structures

Каталог высот мониторинговых точек							
№ точки	27.10.2017 (исходная дата съёмки)	19.04. 2021 (текущая дата съёмки)	26.10. 2021 (текущая дата съёмки)	28.04. 2022 (текущая дата съёмки)	28.10. 2022 (текущая дата съёмки)	29.05. 2023 (текущая дата съёмки)	05.12. 2023 (текущая дата съёмки)
F1	350.127	350.125	350.122	350.122	350.123	350.124	350.124
F2	350.349	350.348	350.343	350.346	350.347	350.344	350.346
F3	350.34	350.337	350.334	350.338	350.34	350.336	350.339
F4	350.317	350.318	350.31	350.314	350.313	350.314	350.309
F5	350.348	350.349	350.341	350.346	350.343	350.343	350.345
F6	350.966	350.965	350.958	350.964	350.961	350.962	350.96
F1 Ev/P	348.927	348.93	348.923	348.923	348.924	348.923	348.925
F2 Ev/P	348.996	348.995	348.99	348.99	348.992	348.993	348.992
F1Ev/P	347.192	347.196	347.197	347.188	347.188	347.194	347.196
V/P-p1	345.298	345.302	345.295	345.298	345.299	345.291	345.298
V/P-p2	345.021	345.022	345.017	345.022	345.02	345.016	345.019

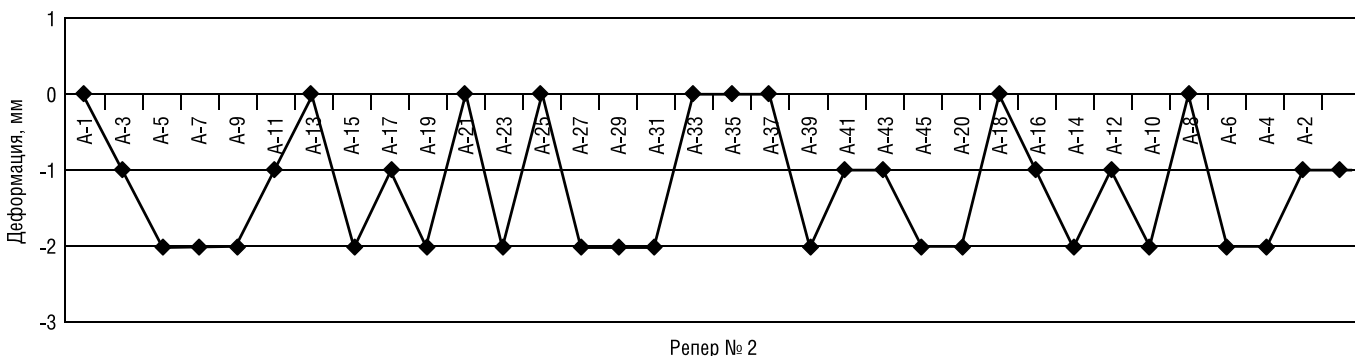


Рис. 3. График деформации реперов на территории станции метро "Абай"

Fig. 3. Graph of the deformation of the reference points on the territory of the metro station Abaya

Поскольку целью всех геомеханических исследований являлось обеспечение промышленной безопасности, было необходимо принимать меры по укреплению и усилению пород для поддержания безопасности подземных и наземных инженерных сооружений. Эффективными методами снижения сейсмической опасности в горных выработках являлись меры, предусмотренные в Инструкции [15].

Современная практика строительства подземных сооружений показывает, что скорость проведения горных выработок зависит от типа и материала крепи, технологии его возведения. А это в свою очередь влияет на стоимость объекта и сроки введения в эксплуатацию. Основным методом крепления горных выработок при проходке метрополитена г. Алматы является набрызгбетонное крепление, а также метод химической цементации, включающий бесшовную гидроизоляцию кровли, полов, стен и другие действия для укрепления и герметизации при проникновении воды и газа.

Выводы

Несмотря на сложные геологические и гидрогеологические условия залегания, а также на высоко сейсмические условия в городе Алматы, строительство метрополитена продвигается быстрыми темпами. Это привело к необходимости проведения геодезического мониторинга данного участка работ. По данным мониторинга можно заявить, что сдвиги и просадки зданий имеют незначительные отклонения — на 8-10 мм в плане и до 8 мм по высотным отметкам. Вновь построенные здания были исключены из результатов мониторинга, так как здания в первые годы постройки имеют естественные осадочные явления и составляют до 20 мм по высотным отметкам. В дальнейшем эти здания прекратили естественную осадку, но за недостаточностью проведенных циклов были исключены из результатов геодезического мониторинга. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев, Б. А. Технический отчет о контрольных геодезическо-маркшейдерских работах на объектах «Строительство первой очереди Алматинского метрополитена» / Главный маркшейдер ОАО «Алматыметрокурлыс» Б. А. Абдуллаев. - Алматы, 2008. - 49 с.
2. Марфенко, С. В. Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений / С. В. Марфенко: уч. пособие. - М.: МИИГАиК, 2014. - 198 с.
3. Орманбекова, А. Е. Мониторинг деформаций сооружений в зоне строительства метрополитена / А. Е. Орманбекова, Ш. К. Айтказинова, Ж. М. Нукарбекова // Маркшейдерия и недропользование. - 2019. - № 2(100). - С. 39-41.
4. Нурпеисова, М. Б. Геодезические приборы: учебник для вузов / М. Б. Нурпеисова, К. Б. Рысбеков. - Алматы: КазНТУ, 2010. - 244 с.
5. Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. - М.: Недра, 1991. - 16 с.
6. Нурпеисова, М. Б. Геодезические наблюдения за креном инженерных сооружений / М. Б. Нурпеисова, О. С. Курманбаев, Э. Рубинов // 13th International scientific conference 19th January 2017. - Austria, Vienna; 2017. - С. 16-20.
7. Алматы-Метрополитен: отчет по производственной практике. - Алматы, 2022. - 20 с.
8. ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. - М.: Стандартинформ, 2010.
9. Методика геодезического мониторинга технического состояния высотных и уникальных зданий и сооружений. МДС 13-22.2009. - М.: ООО «Тектоплан», 2010. - 76 с.
10. Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей ВСН 160-69 / В. Г. Афанасьев, Б. И. Гойдышев, И. Ф. Демьянчик [и др.]. - М.: Минтрансстрой, 1970.
11. ВСН 160-69 Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей. М., 1970. - С. 7-9.
12. Захаров, Е. М. Научное обеспечение в строительстве подземных сооружений в Ленинграде / Е. М. Захаров // Подземное и шахтное строительство. - 1991. - № 1. - С. 12-14.
13. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов [Электронный ресурс]. - М.: Российская академия архитектуры и строительных наук, 2014. - URL: http://snipov.net/c_4646_snip_108686.html (режим доступа: 24.03.2024).
14. Орманбеков, Е. Ж. Методы геодезических наблюдений за деформациями сооружений в зоне строительства метрополитена / Е. Ж. Орманбеков, А. Е. Орманбекова, М. Б. Нурпеисова // Горный журнал Казахстана. - 2020. - № 6. - С. 27-32.
15. РД 06-329-99. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства, подземных сооружениях, склонных к горным ударам / УТВЕРЖДЕНО Госгортехнадзором СССР 13.07.89 г. [Электронный ресурс]. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001151> (режим доступа: 24.03.2024).

REFERENCES

1. Abdullaev BA. Technical report on control geodetic and surveying works at the facilities: «Construction of the first stage of the Almaty metro». Chief surveyor of JSC «Almatymetrokurylys» Abdullaev B.A. Almaty;2008 (In Russ.).
2. Marfenko SV. Geodetic work on the observation of deformations of structures. Study guide. Moscow:MIIGAiK,2014 (In Russ.).
3. Ormanbekova AE, Aitkazanova ShK, Nukarbekova ZhM. Monitoring of deformations of structures in the metro construction zone. *Surveying and sub-soil use*. 2019;2(100):39-41. (In Russ.).
4. Nurpeisova MB, Rysbekov KB. Geodetic instruments (textbook for universities). Almaty: KazNTU,2010. (In Russ.).
5. Safety regulations for topographic and geodetic works Main Directorate of Geodesy and Cartography at the Council of Ministers of the USSR. Moscow: Nedra,1991 (In Russ.).
6. Nurpeisova MB, Kurmanbaev OS, Rubinov E. Geodetic observations of the roll of engineering structures. 13th International scientific conference 19th January 2017. Vienna;2017 (In Russ.).
7. «Almaty Metro» Report on Industrial Practice. Almaty;2022 (In Russ.).

8. GOST R 53778-2010 Buildings and structures. Rules of inspection and monitoring of technical condition. Moscow: Standartinform, 2010 (In Russ.).
9. MDS 13-22.2009 Methodology of geodetic monitoring of the technical condition of high-rise and unique buildings and structures. Moscow;2010 (In Russ.).
10. Afanasyev VG, Goidyshev BI, Demyanchik IF, et al. Instructions for geodetic and surveying work in the construction of transport tunnels VSN 160-69. Moscow;1970 (In Russ.).
11. VSN 160-69 Instructions for geodetic and surveying work in the construction of transport tunnels. Moscow;1970 (In Russ.).
12. Zakharov EM. Scientific support in the construction of underground structures in Leningrad // *Underground and mine construction*. 1991;1:12-4 (In Russ.).
13. Guide to the complex development of underground space of large cities. - Moscow; 2014. Available from: http://snipov.net/c_4646_snip_108686.html (In Russ.).
14. Ormanbekov EZh, Ormanbekova AE, Nurpeisova MB. Methods of geodetic observations of deformations of structures in the metro construction zone. *Mining Journal of Kazakhstan*. 2020;6:27-32 (In Russ.).
15. РД 06-329-99 «Instruction for safe mining operations at ore and non-metallic deposits, construction sites, underground structures prone to mountain impacts». APPROVED BY Gosgortekhnadzor of the USSR ON 07/13/189. VNIMI:1990 Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200001151>(In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Касымканова Хайни-Камаль Михайловна:
доктор технических наук,
профессор,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
<https://orcid.org/0000-0002-9590-2079>,
e-mail: k.kassymkanova@satbayev.university



Юсупов Санжар Бахытович:
магистрант,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
<https://orcid.org/0009-0001-1361-0006>,
e-mail: sanjar2309@gmail.com



Байтурбай Орынбасар:
магистр наук,
ассистент,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
<https://orcid.org/0000-0002-7654-2610>,
e-mail: baiturbay@satbayev.University



Оразымбет Муслим Муратжанулы:
магистрант,
Казахский национальный университет
имени Аль-Фараби,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: gruch2610@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kassymkanova Khaini-Kamal Mikhailovna:
Doctor of Technical Sciences,
Professor,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
<https://orcid.org/0000-0002-9590-2079>,
e-mail: k.kassymkanova@satbayev.university

Yussupov Sanzhar Bakhytovich:
master's student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
<https://orcid.org/0009-0001-1361-0006>,
e-mail: sanjar2309@gmail.com

Baiturbay Orynbasar:
Master of Science.
assistant,
Department of Mine Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
<https://orcid.org/0000-0002-7654-2610>,
e-mail: baiturbay@satbayev.University

Orazymbet Muslim Muratjanuly:
master's student
Al Farabi Kazakh National University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: gruch2610@gmail.com