

Код МРНТИ 36.01.81

Т.Б. Нурпенсова<sup>1</sup>, \*Г.С. Мадимарова<sup>1</sup>, Н.А. Милетенко<sup>2</sup>, Ж.Е. Мадимаров<sup>1</sup><sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет  
им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан),<sup>2</sup>Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова  
Российской академии наук (г. Москва, Россия)

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА

**Аннотация.** В статье рассматривается геодезический мониторинг деформаций зданий, расположенных в зоне влияния строительства метро Алматы. Первая линия проходит в междуречье Большой и Малой Алматинки на северном склоне Заилийского Алатау, где проявляются сложные инженерно-геологические условия: высокая сейсмичность (9–10 баллов MSK-64), наклонный рельеф, неоднородные слабые грунты со значительной глубиной тоннелей (11–60 м). В условиях строительства второй очереди требуется обеспечение безопасности наземной застройки. Обоснована методика инструментального мониторинга устойчивости сооружений. Показано, что современные геодезические средства повышают точность и оперативность контроля, а обработка данных по реперам, установленным на зданиях, позволяет оценивать динамику деформаций во времени и пространстве, обеспечивая надежность наблюдений.

**Ключевые слова:** метрополитен, деформация зданий и сооружения, GNSS-технологии, электронные тахеометры, цифровые нивелиры, лазерные приборы, графики деформации.

### Метрополитеннің эсер ету аймағындағы көп қабатты ғимараттардың деформациясының геодезиялық мониторингі

**Андатпа.** Мақалада Алматы метросы құрылысының ықпал ету аймағында орналасқан ғимараттардың деформацияларының геодезиялық мониторингі қарастырылады. Бірінші жол Іле Алатауының солтүстік беткейіндегі үлкен және Кіші Алматы өзендерінің аралығында өтеді, онда күрделі инженерлік-геологиялық жағдайлар көрінеді: жоғары сейсмикалық (9–10 балл MSK-64), көлбеу рельеф, тоннельдердің едәуір тереңдігі бар (11–60 м) біртекті емес әлсіз топырақтар. Екінші кезектегі құрылыс жағдайында жерүсті құрылысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету талап етіледі. Құрылыстардың тұрақтылығын аспаптық мониторингтеу әдістемесі негізделген. Заманауи геодезиялық құралдар бақылаудың дәлдігі мен жеделдігін арттыратыны көрсетілген, ал ғимараттарда орнатылған реперлер бойынша деректерді өңдеу бақылаулардың сенімділігін қамтамасыз ете отырып, уақыт пен кеңістіктегі деформация динамикасын бағалауға мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** метрополитен, ғимараттар мен құрылыстардың деформациясы, GNSS технологиялары, электрондық тахеометрлер, цифрлық нивелирлер, лазерлік аспаптар, деформация графиктері.

### Geodetic monitoring of deformations of multi-storey buildings buildings in the metro area of influence

**Abstract.** This article focuses on geodetic monitoring of building deformations in the Алматы Metro construction zone. The first line is located in challenging engineering and geological conditions: high seismicity (magnitude 9–10), sloping terrain, soft soils, and tunnel depths of 11–60 meters. For the second phase of construction, the safety of surface structures is particularly important. A methodology for instrumental monitoring of structural stability is substantiated. The use of modern geodetic tools improves the accuracy and efficiency of measurements. Processing data from benchmarks installed on buildings allows for an assessment of the spatial and temporal dynamics of deformations and ensures reliable observations.

**Key words:** subway, deformations of buildings and structures, GNSS technologies, electronic total stations, digital levellers, laser devices, deformation graphs.

### Введение

В условиях сейсмически опасных зон строительство и эксплуатация крупномасштабных зданий и сооружений требуют особого подхода к методам геодезического наблюдения. Мониторинг деформаций оснований и фундаментов становится критически важным фактором обеспечения безопасности подобных объектов.

В обзоре анализируются результаты различных международных исследований, посвященных строительству и эксплуатации метрополитенов, а также влиянию подземного транспорта на городскую среду. Неопределенности, связанные с подземным строительством, сложными гидрогеологическими условиями и влиянием соседних сооружений, проявляются особенно ярко в процессе возведения тоннелей и активно изучаются в мировой практике. От эффективности метро зависит транспортная, экономическая, экологическая и социальная устойчивость города.

Анализ геодезических наблюдений, выполненных при строительстве инженерных сооружений на территории СНГ, показывает, что объекты в южных регионах существенно отличаются по характеру взаимодействия с основанием от аналогичных объектов Центральной и Северной частей. Это обусловлено тем, что многие города Средней Азии и Казахстана, включая Алматы, расположены в сейсмически активных районах, характеризующихся сложными гидрогеологическими условиями и тектоническими нарушениями.

Строительство тоннелей в условиях плотной городской застройки оказывает влияние на здания, сооружения и инженерные коммуникации, расположенные на поверхности. В ходе проводимой работы методом дисперсионного анализа выявлены ключевые факторы, влияющие на величину оседаний земной поверхности и зданий при проходке тоннелей. Исследование выполнялось на основе данных геотехнического и геодезического мониторинга, полученных при строительстве подземных сооружений и проходке двухпутных тоннелей Алматинского метрополитена в сложных инженерно-геологических условиях [1, 2].

Особое внимание уделено методикам геодезических измерений с применением современных приборов, обеспечивающих комплексный мониторинг высотных зданий и определение фактических параметров деформаций с последующим построением их трехмерных моделей. Геодезический мониторинг деформаций зданий и сооружений проводится как в период строительства, так и на этапе эксплуатации. Особенно остро проблема наблюдений за осадками проявляется при возведении новых объектов в условиях плотной городской застройки, где любое нарушение устойчивости может представлять угрозу окружающим сооружениям.

### Материалы и методы исследования

#### Объект исследования

Метрополитен в Алматы был открыт 1 декабря 2011 года. Это единственное метро на территории Казахстана,

второе среди среднеазиатских стран после метро Ташкента и самое молодое среди постсоветских стран.

Алматинский метрополитен не только очень молодое метро, но и достаточно скромное по своим размерам. В городе функционирует только одна ветка – линия А или красная линия. Алматинский метрополитен строился с 1988 года, первая очередь из 7 станций протяженностью 8,6 км сдана в 2011 году, в 2015 году добавились еще 2 станции и еще две – в 2022 году. Общая протяженность метро составляет около 13 км [3].

С 2023 года ведется строительство третьего пускового комплекса второй очереди первой линии метрополитена г. Алматы, от станции «Б. Момышулы» до станции «Калкаман». Дальнейшее развитие третьей очереди первой линии метрополитена предусмотрено в западном направлении от станции «Калкаман» до станции в районе рынка «Барлык». В первом квартале 2023 г. получено положительное заключение РГП «Госэкспертиза» на технико-экономическое обоснование (ТЭО).

Обзорная карта района ведения метрополитена приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Схема метрополитена г. Алматы**  
**Сурет 1. Алматы қаласы метрополитенінің схемасы.**  
**Figure 1. The scheme of the Almaty metro.**

Уникальность метрополитена г. Алматы определяется комплексом особо сложных геотехнических факторов:

1. Сложная региональная геодинамика Северного Тянь-Шаня.
2. Высокая сейсмичность территории в 9–10 баллов по шкале MSK.
3. Предгорная зона с наклонным рельефом, представляющая межгорную впадину.
4. Грунты разнообразные, слабоустойчивые, галечниковые с включениями валунов до трех метров в диаметре.
5. Разные глубины заложения перегонных и станционных тоннелей от 11 м мелкого до 60 м глубокого.

Район строительства первой очереди метрополитена расположен на северном склоне Заилийского Алатау в пределах выноса конуса рек Большая и Малая Алматинка.

Участок строительства сложен галечниковыми грунтами, с включением валунов размером от 200 до 400 мм, преимущественно с песчаным заполнителем. Заполнитель представлен разнозернистыми песками кварцполевошпатового состава.

В период проектной проработки конструкции станции «Москва» выполнено исследование напряженно-дефор-

мированного состояния обделки станционных тоннелей, а также установления характера ее взаимодействия с грунтом на разных этапах строительства с использованием наиболее апробированного и универсального метода физического моделирования – применение эквивалентных материалов.

#### Методы исследования

Казахский национальный технический исследовательский университет им. К.И. Сатпаева в рамках научного проекта осуществляет комплекс работ, направленных на обеспечение устойчивости наземных и подземных сооружений «Алматыметро» с использованием современных геодезических технологий. В зоне наблюдений находится монолитно-каркасное здание, возведенное в 2019 году, расположенное в непосредственной близости от станции метро «Москва». Рядом также располагается строительная площадка, где ведутся работы по проходке шахты метрополитена. Совокупное воздействие функционирующего метро и текущего строительства может потенциально оказывать неблагоприятное влияние на устойчивость рассматриваемого сооружения.

Полевые геодезические измерения выполнялись электронным тахеометром **Leica TS06 5"** в безотражательном режиме по устойчивым характерным точкам здания, что позволяет исключить влияние случайных изменений и обеспечивать стабильность наблюдений. Спутниковые наблюдения, проведенные на территории г. Алматы, обрабатывались в программном обеспечении **Leica SKI**, входящем в комплектацию GNSS-приемников. В результате обработки получены плановые координаты всех пунктов сети в локальной системе координат, а также уточнены высотные отметки реперов станции.

На наблюдаемых сооружениях установлены контрольные марки, мониторинговые призмы и осадочные марки, обеспечивающие получение высокоточных данных о деформациях зданий и инженерных сооружений в соответствии с действующими нормативными требованиями.

Для своевременного выявления недопустимых отклонений на зданиях и сооружениях установлены мониторинговые точки на верхних частях (крышах) (рис. 2), и нижних частях зданий.

Широкое применение в подобных исследованиях получили роботизированные тахеометры с сервоприводом, которые позволяют автоматически ориентировать прибор и выполнять непрерывное слежение за отражателями на значительных расстояниях. Такие инструменты оснащены специализированным программным обеспечением, обеспечивающим автоматическое считывание данных измерительных сеансов и вычисление возможных перемещений контрольных целей за заданный временной интервал [4, 5].

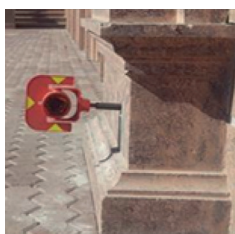
Основным направлением развития электронных тахеометров является еще большая роботизация, сводящая функции пользователя к дистанционному контролю и управлению работой прибора. Также присутствует тенденция к оснащению приборов системами GNSS. При этом тахеометры в комбинации с навигационными приемниками, цифровыми нивелирами и другими приборами, а также специальным управляющим программным обе-



а) Контрольные марки, мониторинговые призмы и осадочные марки установленные на здании



в) Мониторинговые точки на стенах здания



г) Мониторинговые точки на стенах здания

**Рис. 2. Расположение контрольных марок на объекте. Сурет 2. Бақылау маркаларының объектеде орналасуы.**

**Figure 2. Location of control marks on the object.**

спечением часто образуют специальные автоматизированные геодезические системы мониторинга [6].

Факторами широкого использования аппаратуры пользователей глобальных навигационных спутниковых систем являются: непрерывность определения координат, всепогодность, оперативность определения координат, высокая точность получаемых результатов, малые габариты и вес приемников, малая энергоемкость, простота эксплуатации и сравнительно невысокая стоимость. В этой связи, GNSS-системы могут быть эффективным инструментом при определении динамических показателей колебаний высотных зданий от ветровых воздействий.

Для проведения мониторинга и комплексной оценки состояния сооружений нами использовались современные высокоточные электронные приборы фирмы Leica Geosystems (Швейцария), такие как: высокоточный тахеометр серии TS06 5” и цифровой высокоточный нивелир DNA03, лазерный сканер Scanstation.

Геодезический мониторинг деформационных процессов является одной из форм изучения состояния инженерных объектов или урбанизированных территорий, на которых расположены эти объекты.

**Результаты**

Проведенный анализ результатов геодезических измерений показал, что мониторинговые точки, расположенные на исследуемом здании, испытывают преимущественно **равномерное оседание**. Подобная динамика смещений свидетельствует о протекающих естественных процессах уплотнения грунтов основания и постепенной усадки конструкций самого здания под воздействием собственного веса. Отсутствие резких скачков или неравномерных деформаций позволяет предположить, что наблюдаемые изменения находятся в пределах естественной деформации здания и не связаны с воздействием аварийных или крити-

ческих факторов. Тем не менее дальнейшее развитие строительных работ в непосредственной близости от объекта, а также влияние проходки шахты метрополитена требуют продолжения регулярного мониторинга для своевременного выявления возможных отклонений от нормального деформационного поведения сооружения.

На основе данных трех последовательных циклов наблюдений вычислены плано-высотные смещения мониторинговых точек и выполнено построение трехмерной цифровой модели объекта, позволяющей визуализировать пространственную эволюцию деформационных процессов (таблица 1).

**Таблица 1  
Плано-высотные смещения мониторинговых точек  
Кесте 1  
Бақылау нүктелерінің жоспарлы-биіктік ауысуы  
Table 1  
Planned altitude shifts of monitoring points**

Октябрь 2025			
N%	X	Y	Z
M1	-0.001	-0.001	-0.006
M2	0.001	0.001	-0.005
M3	-0.000	-0.002	-0.008
M4	0.005	-0.002	-0.005
M5	-0.001	-0.002	-0.004
M6	0.004	-0.004	-0.00
M7	0.004	-0.004	-0.008
M8	-0.001	0.000	-0.005
M9	0.005	0.001	-0.007
M10	0.001	-0.001	-0.007
M11	0.000	-0.001	-0.005
M12	0.000	-0.001	-0.006
M13	0.001	-0.004	-0.008
M14	0.004	-0.002	-0.008
M15	0.000	-0.002	-0.007
M16	0.001	-0.001	-0.007
M17	-0.002	-0.004	-0.005
M18	-0.001	-0.004	-0.008
M19	0.001	-0.002	-0.004
M20	0.003	-0.002	-0.008
Сентябрь 2025			
N%	X	Y	Z
M1	0.005	0.002	-0.003
M2	0.002	0.001	-0.002
M3	0.004	0.002	-0.003
M4	0.000	0.003	-0.002
M5	0.005	0.003	-0.003
M6	0.001	0.005	-0.003
M7	0.000	0.005	-0.002
M8	0.005	0.000	-0.003

Продолжение таблицы 1

M9	0.000	0.000	-0.003
M10	0.004	0.003	-0.002
M11	0.004	0.003	-0.001
M12	0.003	0.003	-0.001
M13	0.002	0.005	-0.001
M14	0.000	0.003	-0.000
M15	0.003	0.003	-0.003
M16	0.002	0.003	-0.003
M17	0.005	0.005	-0.003
M18	0.005	0.005	-0.001
M19	0.002	0.004	-0.002
M20	0.001	0.002	-0.000
Ноябрь 2025			
N%	X	Y	Z
M1	-0.001	-0.001	-0.006
M2	0.001	0.001	-0.005
M3	0.000	-0.002	-0.008
M4	0.005	-0.002	-0.005
M5	-0.001	-0.002	-0.004
M6	0.004	-0.004	-0.005
M7	0.004	-0.004	-0.008
M8	-0.001	0.000	-0.005
M9	0.005	0.001	-0.007
M10	0.001	-0.001	-0.007
M11	0.000	-0.001	-0.005
M12	0.000	-0.001	-0.006
M13	0.001	-0.004	-0.008
M14	0.004	-0.002	-0.008
M15	0.000	-0.002	-0.007
M16	0.001	-0.001	-0.007
M17	-0.002	-0.004	-0.005
M18	-0.001	-0.004	-0.008
M19	0.001	-0.002	-0.004
M20	0.003	-0.002	-0.008
Сентябрь – ноябрь 2025			
N%	X	Y	Z
M1	0.0014	-0.0009	-0.0006
M2	0.0023	0.0002	-0.0005
M3	0.0014	-0.001	-0.0008
M4	0.0005	-0.001	-0.0006
M5	0.0024	-0.0009	-0.0005
M6	-0.0005	0.0021	-0.0005
M7	0.0004	0.0001	-0.0009
M8	-0.0016	-0.002	-0.0006
M9	-0.0015	0.0021	-0.0007
M10	0.0025	-0.0018	-0.0006
M11	0.0024	-0.0018	-0.0005
M12	-0.0007	0.0012	-0.0006

Продолжение таблицы 1

M13	0.0023	-0.0019	-0.0007
M14	0.0004	0.0021	-0.0009
M15	-0.0017	-0.0019	-0.0007
M16	-0.0017	0.0002	-0.0008
M17	-0.0007	-0.0019	-0.0004
M18	0.0024	0.0001	-0.0009
M19	0.0013	0.0012	-0.0005
M20	0.0004	-0.002	-0.0008

Данные этого этапа демонстрируют начальные значения оседаний, связанные, вероятно, с текущим состоянием грунтов основания и предварительной стадией усадки после начала мониторинговых измерений.

Между первым и вторым циклами наблюдений наблюдается дальнейшее уменьшение отметок в целом по зданию, однако темпы оседания остаются стабильными и равномерными по площади, что подтверждает отсутствие значительных дифференциальных деформаций.

Следующий временной интервал, охватывающий период между вторым и третьим циклами наблюдений, показывает сохранение общей тенденции постепенного оседания.

Сравнительный анализ данных между нулевым и третьим циклами позволяет получить интегральную картину деформаций за весь период мониторинга. Согласно полученным данным, максимальные смещения не выходят за пределы ожидаемых величин для зданий, эксплуатируемых в условиях сложной геотехнической обстановки мегаполиса. В то же время пространственная визуализация деформационного процесса (рис. 3) позволяет детализировать локальные особенности изменения положения характерных точек, выявить возможные зоны повышенной чувствительности к внешним воздействиям и оценить потенциальные риски, связанные со строительством объектов метрополитена в непосредственной близости от зданий.

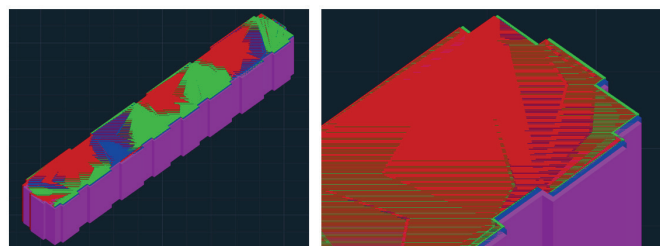


Рис. 3. Визуализация деформационного процесса.

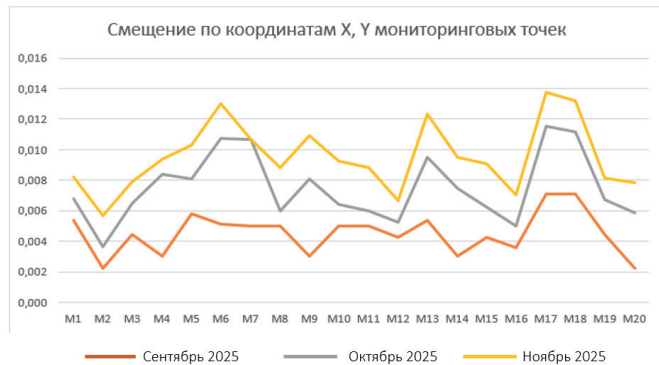
Сурет 3. Деформация процесін визуализациялау.

Figure 3. Visualization of the deformation process.

Построенная трехмерная модель здания, включающая пространственные координаты всех мониторинговых точек и отражающая их динамику по циклам наблюдений, является важным инструментом для дальнейшего анализа и прогнозирования развития деформаций [7, 8]. Использование цифровых 3D-моделей в системе геодезического мониторинга позволяет выявлять тенденции изменения формы объекта, анализировать возможные сценарии раз-

вития деформаций и принимать своевременные инженерные решения для обеспечения безопасности сооружений в условиях плотной городской застройки и активного подземного строительства.

Анализ смещений в плане выполнен на основе компонентных изменений координат X и Y для всех мониторинговых точек (рис. 4).



**Рис. 4. Динамика смещения точек в плане.**  
**Сурет 4. Жоспардағы нүктелердің орын ауысы динамикасы.**

**Figure 4. Dynamics of displacement of points in the plan.**

Полученная динамика перемещений демонстрирует векторный характер осадок, при этом направления смещений остаются согласованными и не указывают на поворотные или креновые деформации здания. Это позволяет заключить, что горизонтальные перемещения носят равномерный характер и отражают общую тенденцию уплотнения основания под действием эксплуатационных нагрузок.

Установлено, что вертикальные осадки происходят постепенно и равномерно, их величина невелика и соответствует расчетным значениям, характерным для зданий данного типа и возраста [9]. Отсутствие резких скачков в графиках свидетельствует о стабильности геотехнического состояния основания, а также о том, что внешние воздействия – такие, как вибрации и изменение напряженно-деформированного состояния грунта при проходке тоннелей – пока не оказывают существенного негативного влияния на исследуемый объект.

**Обсуждение результатов**

Проведенные геодезические исследования и анализ результатов трех последовательных циклов мониторинга позволили установить, что деформационные процессы на исследуемом здании имеют равномерный и постепенный характер, обусловленный в первую очередь естественным уплотнением грунтов основания и усадкой конструкций под действием собственного веса [10, 11]. Выявленные

вертикальные и горизонтальные смещения мониторинговых точек находятся в пределах нормативно допустимых значений и не свидетельствуют о возникновении опасных или аномальных деформаций, способных повлиять на эксплуатационную надежность сооружения.

Построенные трехмерные модели и визуализация деформационных процессов подтвердили отсутствие локальных зон интенсивного смещения, а динамика изменения высотных отметок показала устойчивую тенденцию равномерного оседания без признаков крена или дифференциальных деформаций. Горизонтальные перемещения также характеризуются согласованностью направлений и малыми величинами, что подтверждает стабильность конструктивной системы здания в условиях воздействия подземного строительства.

**Выводы**

Полученные результаты свидетельствуют о том, что на текущем этапе влияния строительных работ по проходке метрополитена и близлежащей шахты на исследуемое здание не наблюдается. Однако сложная геотехническая обстановка района, наличие сейсмических факторов и продолжающееся строительство метро обуславливают необходимость продолжения регулярного геодезического мониторинга. Дальнейшие наблюдения позволят своевременно выявлять возможные изменения в напряженно-деформированном состоянии сооружения и обеспечат надежную основу для принятия инженерных решений по его безопасной эксплуатации.

По данным мониторинга можно смело заявить, что сдвигения и просадки зданий имеют незначительные отклонения на 8–10 мм в плане и до 8 мм по высотным отметкам. Вновь построенные здания, такие как административное здание на Абая 90, жилой комплекс «Москва» и ТРЦ «Москва» 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 свою естественную осадку, но за недостаточностью проведенных циклов были исключены из результатов геодезического мониторинга.

Поскольку мониторинг продолжается, цифровая модель будет и далее уточняться и дополняться новыми данными.

**Благодарность**

*Данное исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета Науки Министерства науки и высшего образования РК (ГФ ИРН № AP26198837 «Геотехнический мониторинг зданий и сооружений в сейсмически опасных регионах путем разработки инновационных методов и средств наблюдения, обеспечивающих безопасность их эксплуатации»).*

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Умирбаева В.Б., Мадимарова Г.С., Жантуева Ш.А. Организация системы наблюдений на Алматинском геодинамическом полигоне // Маркшейдерия и недропользование. 2019. № 2. С. 22–30 (на русском языке)
2. Нурпеисова М., Кыргызбаева Г., Орманбекова А. Геодезический мониторинг условий устойчивости инженерных сооружений // Журнал инженерных и прикладных наук. 2017. № 12. С. 9151–9163 (на английском языке)

3. Нурпеисова М.Б., Ормамбекова А.Е., Ормамбеков Е.Ж. Наблюдения за деформациями высотных зданий и сооружений // Горный журнал Казахстана. 2020. № 6. С. 27–31 (на русском языке)
4. А.с. № 63567 РК. Мониторинг вертикальных деформаций земной поверхности на Алматинском геодинамическом полигоне методом повторного нивелирования / Нурпеисова Т.Б., Мадимарова Г.С., Ормамбекова А.Е., Мадимаров Ж. Е.; заявл. 28.10.2025; опублик. 29.10.2025 (на казахском и русском языке)
5. Обследование и проведение ГНСС-мониторинга пунктов государственной геодезической сети на территории Казахстана / Мадимарова Г. [и др.] // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан, серия «Геология и технические науки». 2024. Т. 1. С. 179–189 (на английском языке)
6. Геодезический мониторинг деформаций высотного здания с использованием технологии наземного лазерного сканирования / Мадимарова Г. [и др.] // Журнал прикладных инженерных наук. 2022. Т. 20. № 4. С. 1083–1092 (на английском языке)
7. Новый метод мониторинга деформаций сооружений с использованием точного позиционирования по точке (PPP) / Жуйхуэй Ли [и др.] // Специальный выпуск «Инновационные решения точного позиционирования GNSS». 2023. № 15 (24). С. 21 (на английском языке)
8. Применение наземного лазерного сканирования (TLS) в архитектуре, инженерии и строительстве (АЕС) / Чао У [и др.] // Журнал Sensors, специальный выпуск «Современное состояние наземного лазерного сканирования». 2022. № 22 (1). С. 32 (на английском языке)
9. Инженерные нормы проектирования метрополитенов РК. 2013 (на русском языке)
10. Обзор исследований и применения TLS в мониторинге деформаций земной поверхности и сооружений / Цзинлун Тэн [и др.] // Журнал Sensors. 2022. № 22 (23). С. 19 (на английском языке)
11. Окиемуте Е., Оно М.Н., Олуджими О. Мониторинг и анализ вертикальных и горизонтальных деформаций крупного сооружения с использованием традиционных геодезических методов // Journal of Environment and Earth Science. 2018. № 8 (12). С. 52–61 (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Өмірбаева В.Б., Мадимарова Г.С., Жантуева Ш.А. Алматы геодинамикалық полигонында бақылау жүйесін ұйымдастыру // Маркшейдерия және жер қойнауын пайдалану. 2019. № 2. Б. 22–30 (орыс тілінде)
2. Нурпеисова М., Қырғызбаева Г., Ормамбекова А. Инженерлік құрылыстардың тұрақтылығы жағдайларының геодезиялық мониторингі // Инженерлік және қолданбалы ғылымдар журналы. 2017. № 12. Б. 9151–9163 (ағылшын тілінде)
3. Нұрпейісова М.Б., Ормамбекова А.Е., Ормамбеков Е.Ж. Биік ғимараттар мен құрылыстардың деформацияларын бақылау // Қазақстанның тау-кен журналы. 2020. № 6. Б. 27–31 (орыс тілінде)
4. А.с. № 63567 ҚР. Қайта нивелирлеу әдісімен Алматы геодинамикалық полигонындағы жер бетінің тік деформацияларының мониторингі / Нурпеисова Т.Б., Мадимарова Г.С., Ормамбекова А.Е., Мадимаров Ж.Е.; 28.10.2025 мәлімдеді; 29.10.2025 жарияланды (қазақ және орыс тілдерінде)
5. Қазақстан аумағындағы мемлекеттік геодезиялық желі пункттеріне ГНСС-мониторинг жүргізу және тексеру / Мадимарова Г. [және т. б.] // Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының еңбектері, «Геология және техникалық ғылымдар» сериясы. 2024. Т. 1. Б. 179–189 (ағылшын тілінде)
6. Жердегі лазерлік сканерлеу технологиясын қолдана отырып, көп қабатты ғимараттың деформацияларын геодезиялық бақылау / Мадимарова Г. [және т. б.] // қолданбалы инженерлік ғылымдар журналы. 2022. Т. 20. № 4. Б. 1083–1092 (ағылшын тілінде)
7. Дәл нүктелік позициялауды (PPP) қолдана отырып, құрылымдардың деформациясын бақылаудың жаңа әдісі / Жуйхуэй Ли [және т. б.] // «GNSS инновациялық дәл позициялау шешімдері» арнайы шығарылымы. 2023. № 15 (24). Б. 21 (ағылшын тілінде)
8. Архитектурада, инженерияда және құрылыста (АЕС) жердегі лазерлік сканерлеуді (TLS) қолдану / Чао У [және т. б.] // Sensors журналы, «Жердегі лазерлік сканерлеудің қазіргі жағдайы» арнайы шығарылымы. 2022. № 22 (1). Б. 32 (ағылшын тілінде)
9. ҚР метрополитендерін жобалаудың инженерлік нормалары. 2013 (орыс тілінде)
10. Жер бетіндегі деформациялар мен құрылыстардың мониторингіндегі TLS зерттеулері мен қолданылуына шолу / Цзинлун Тэн [және т. б.] // Sensors журналы. 2022. № 22 (23). Б. 19 (ағылшын тілінде)
11. Окиемуте Е., Оно М.Н., Олуджими О. Дәстүрлі геодезиялық әдістерді қолдана отырып, ірі құрылымның тік және көлденең деформацияларын бақылау және талдау // Journal of Environment and Earth Science. 2018. № 8 (12). Б. 52–61 (ағылшын тілінде)

#### REFERENCES

1. Umirbaeva V.B., Madimarova G.S., Zhantueva Sh.A. Organizaciya sistemy nablyudeniy na Almatinskoy geodinamicheskom poligone [Organization of the observation system at the Almaty geodynamic polygon], Marksheiderya i nedropolzovanie [Surveying and Subsoil use]. 2019. No. 2. 22–30 pp. (in Russian)
2. Nurpeissova M., Kyrgyzbaeva G., Ormanbekova A. The Geodetic Monitoring of the Engineering Structures Stability Conditions // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. No. 12. 9151–9163 pp. (in English)

3. Nurpeisova M.B., Ormambekova A.E., Ormambekov E.J. Nablyudeniya za deformatsiyami vysotnykh zdaniy i sooruzheniy [Observations of deformations of high-rise buildings and structures], Gornyy zhurnal Kazakhstana [Mining Magazine of Kazakhstan]. 2020. No. 6. 27–31 pp. (in Russian)
4. Nurpeisova T.B., Madimarova G.S., Ormambekova A.E., Madimarov Zh.E. Monitoring vertikalnykh deformatsiy zemnoy poverkhnosti na Almatinskoy geodinamicheskom poligone metodom povtornogo nivelirovaniya [Monitoring of vertical deformations of the Earth's surface at the Almaty geodynamic polygon by repeated leveling. Copyright certificate No. 63567 dated 10/29/2025] (in Kazakh and Russian)
5. Inspection and carrying out gnss monitoring of points of the state geodetic network in the territory of Kazakhstan / Madimarova G. [et al.] // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. 2024. V. 1. 179–189 pp. (in English)
6. The geodetic monitoring of deformations of a high-rise building using ground-based laser scanning technology / Madimarova G. [et al.] // Journal of Applied Engineering Science 2022. V. 20. No. 4. 1083–1092 pp. (in English)
7. A new method for monitoring deformations of structures using precise point positioning (PPP) / Ruihui Li [et al.] // Sensors Magazine, Special Issue «Innovative GNSS Precision Positioning Solutions». 2023. No. 15 (24). 21 p. (in English)
8. Application of ground-based laser scanning (TLS) in Architecture, Engineering and Construction (AEC) / Chao Wu [et al.] // Sensors Magazine, Special Issue (State of the Art in Terrestrial Laser Scanning) The current state of terrestrial laser scanning. 2022. No. 22 (1). 32 p. (in English)
9. Engineering standards for designing subways of the Republic of Kazakhstan. 2013 (in Russian).
10. An overview of the research and application of TLS in monitoring deformations of the Earth's surface and structures / Jinglong Teng [et al.] // Sensors Magazine, «Development of Monitoring, Analysis and Maintenance of Infrastructures» (Development of Monitoring, Analysis and Maintenance Techniques of Infrastructures). 2022. No. 22 (23). 19 p. (in English)
11. Okiemute E., Ono M.N., Olujimi O. Monitoring and analysis of vertical and horizontal deformations of large structures using traditional geodetic methods // Journal of Environment and Earth Science. 2018. No. 8 (12). 52–61 pp. (in English)

**Сведения об авторах:**

**Нурпеисова Т.Б.**, канд. техн. наук, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), [t.nurpeissova@satbayev.university](mailto:t.nurpeissova@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0001-8162-6053>

**Мадимарова Г.С.**, канд. техн. наук, ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), [g.madimarova@satbayev.university](mailto:g.madimarova@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-9155-6332>

**Милетенко Н.А.**, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории Многофазных процессов в массивах горных пород при разработке месторождений, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН) (г. Москва, Россия), [nmilet@mail.ru](mailto:nmilet@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-5594-3036>

**Мадимаров Ж.Е.**, докторант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), [860712300267-D@stud.satbayev.university](mailto:860712300267-D@stud.satbayev.university); <https://orcid.org/0009-0004-3001-4048>

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Нурпеисова Т.Б.**, техника ғылымдарының кандидаты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (Алматы қ., Қазақстан)

**Мадимарова Г.С.**, техника ғылымдарының кандидаты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (Алматы қ., Қазақстан)

**Милетенко Н.А.**, техника ғылымдарының кандидаты, Жер қойнауын басқару, игеру және сақтау мәселелері бөлімінің аға ғылыми қызметкері Академик Н.В. Мельников атындағы Жер қойнауын кешенді игеру мәселелері институты, Ресей Ғылым академиясы (ИПКОН РАН) (Мәскеу қ., Ресей)

**Мадимаров Ж.Е.**, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының докторанты, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (Алматы қ., Қазақстан)

**Information about the authors:**

**Nurpeisova T.B.**, Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Mine Surveying and Geodesy, Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)

**Madimarova G.S.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mine Surveying and Geodesy, Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)

**Miletenko N.A.**, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Department of Management, Development and Conservation of the Earth's Interior, The Institute of Problems of Integrated Development of Mineral Resources named after academician N.V. Melnikov, Russian Academy of Sciences (IPCON RAS) (Moscow, Russia)

**Madimarov Z.E.**, Doctoral student of the Department of Mine Surveying and Geodesy, Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)