

МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПУТЕЙ АЛМАТИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

С. Т. Солтабаева, А. М. Абдыбек, Н. Б. Ахмет, А. Н. Амангелди,

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

Аннотация: В статье рассматривается важность мониторинга путей Алматинского метрополитена, используемые методы и технологии, а также общее влияние на общественный городской транспорт. Особое внимание обращено на маркшейдерское обеспечение строительства рельсовых путей метрополитена. Описаны выполненные работы маркшейдера и используемые технологии и инструменты.

Ключевые слова: метро, мониторинг, инновационные методы, геодезические приборы, электронный тахеометр, обработка результатов, оценка состояния рельсов.

Для цитирования: Солтабаева С. Т., Абдыбек А. М., Ахмет Н. Б., Амангелди А. Н. Мониторинг подземных рельсовых путей алматинского метрополитена // Маркшейдерия и недропользование. 2024. № 2. С. 40-49. DOI: 10.56195/20793332_2024_2_40_49.

MONITORING OF UNDERGROUND RAIL TRACKS OF THE ALMATY METRO

S. T. Soltabaeva, A. M. Abdybek, N. B. Akhmet, A. N. Amangeldi,

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract: The article discusses the importance of monitoring the tracks of the Almaty metro, the methods and technologies used, as well as the overall impact on public urban transport. Special attention is paid to the surveying support for the construction of metro rail tracks. The work performed by the surveyor and the technologies and tools used are described.

Keywords: metro, monitoring, innovative methods, geodetic instruments, electronic tacheometer, processing of results, assessment of the condition of rails, geospatial data.

For citation: Soltabaeva S.T., Abdybek A.M., Akhmet N.B., Amangeldi A.N. Monitoring of underground rail tracks of the almaty metro. Surveying and subsoil use. 2024;(2):40-49. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_2_40_49.

Алматинский метрополитен — одна из самых важных транспортных систем Казахстана, играет решающую роль в повседневной жизни жителей и гостей города. Эта сеть подземных железных дорог, обслуживающих город Алматы, является свидетельством современного городского планирования и эффективного общественного транспорта. Для обеспечения безопасности, надежности и бесперебойной работы Алматинского метрополитена необходим регулярный мониторинг его подземных железнодорожных путей.

Системы метро являются источником жизни для многих современных городов мира и представляют собой быстрый и эффективный вид городского транспорта, который ежедневно обслуживает миллионы пассажиров. Метро известно своей способностью сокращать заторы, сокращать выбросы и улучшать мобильность городов. По мере того, как растут города и сталкиваются с проблемами урбанизации, важность подземных метро как устойчивого и эффективного транспортного варианта становится все более очевидной.

Роль подземных метрополитенов выходит за рамки обычного транспорта. Они улучшают транспортное сообщение, облегчают экономическую деятельность, снижают воздей-

ствие на окружающую среду и способствуют общему качеству жизни в городах. Метро предлагает надежный вид транспорта, особенно в густонаселенных городских районах, где пробки могут стать серьезной проблемой. Оно играет ключевую роль в сокращении времени в пути, расширении доступности и обеспечении связи людей с основными районами города, включая деловые районы, образовательные учреждения и жилые районы.

Первая линия алматинского метро, второго пускового комплекса (две станции), введена в эксплуатацию в 2022 году [1-3].

Цель работы

Мониторинг подземных рельсовых путей алматинского метрополитена.

Методы исследований

Для мониторинга деформаций на станции метрополитена использовались современные приборы, которые обеспечивают безопасность и долгосрочность эксплуатации инфраструктуры метрополитена.

На рисунке 1 приведена схема рельсовых путей между станциями «Москва» и «Сарыарка».



Рис. 1. Схема расположения станции

Fig. 1. The layout of the station

Железнодорожный путь в тоннелях сооружается согласно утвержденному укладочному плану, профилю пути и геометрической схеме трассы, а при отсутствии этих документов укладывается по рабочему профилю железнодорожного пути. Эти основные документы составляются проектной организацией. Перед тем как приступить к разбивке мест установки путевых реперов в тоннеле проверяют проектные данные укладочной схемы. На укладочном плане и профиле пути показывают величины и протяженность уклонов, отметки реперов, условный профиль рельсовых ниток, длины ходовых рельсов, контррельсов и типы стыков, пикетаж путевых реперов, геометрические элементы осей пути.

Маркшейдерской основой для установки и определения удаления путевых реперов по оси пути служат знаки подземной полигонометрии, окончательно увязанной после

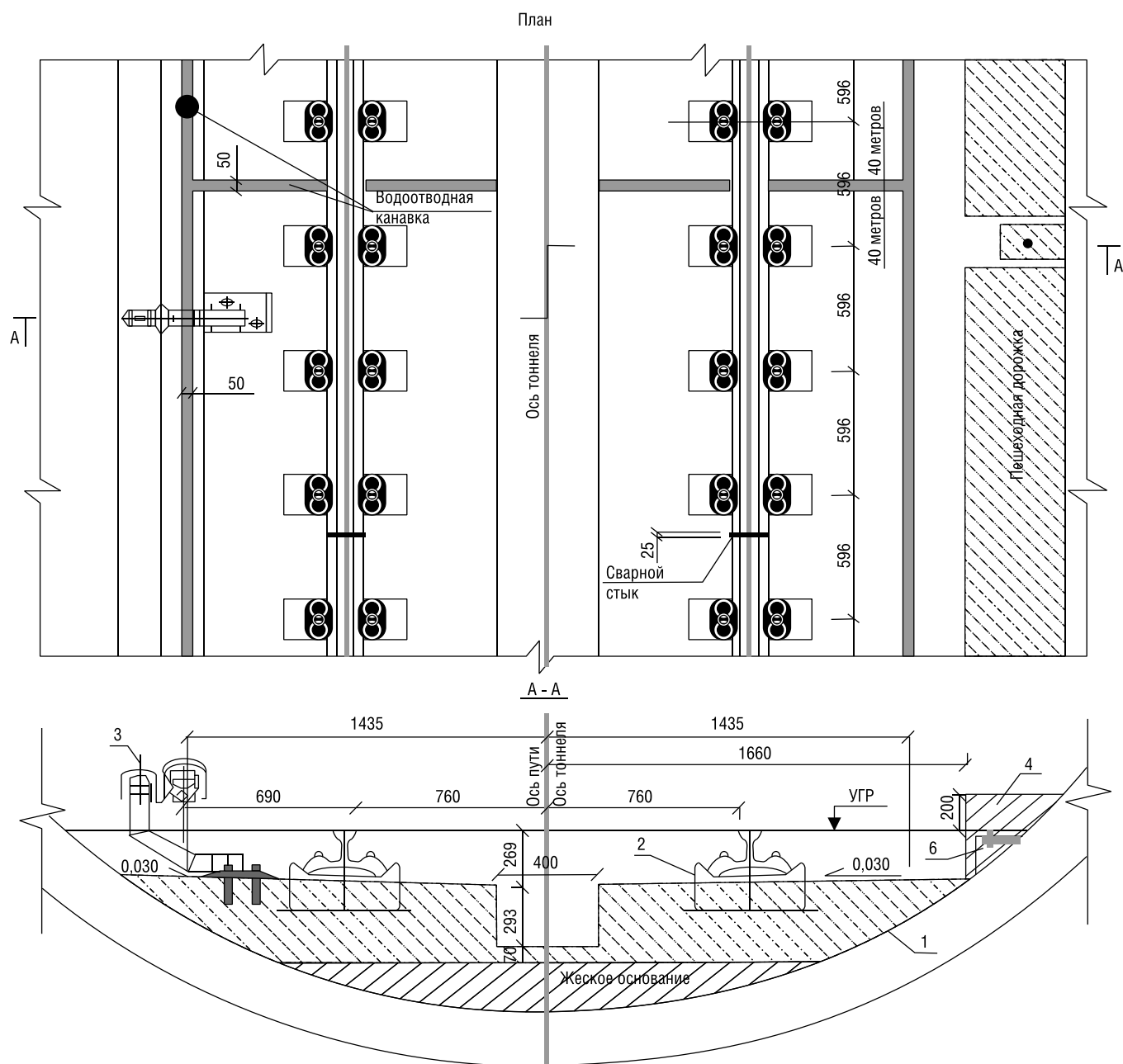


Рис. 2. Схема элементов верхнего строения пути: 1 - путевой бетон, 2 - UTS-блоки, 3 - контактный рельс, 4 - пешеходная дорожка, 5 - путевой репер

Fig. 2. Diagram of the elements of the upper structure of the path: 1 - track concrete, 2 - UTS blocks, 3 - pin rail, 4 - footpath, 5 - track reference

сбойки встречных тоннелей. Путьские реперы на прямых участках трассы устанавливаются с интервалом 20 м с правой стороны по ходу поезда, а на кривых — по внешней стороне кривой, т. е. со стороны возвышения рельса, с интервалом 5 м. Схема элементов верхнего строения пути приведена на рисунке 2.

После укладки путевых реперов укладывается путевой бетон, а также UTS-блоки, и на них устанавливаются рельсы. Уровень головки рельса должен быть на отметке путевого репера. Как только все рельсы будут установле-

ны, начинается мониторинг подземных рельсов после обкатки пути для того, чтобы анализировать характеристику рельсов [4–6].

Съемка фактического высотного положения пути после обкатки дает нам информацию о положении рельсовых нитей в профиле и плане, а также о возвышении наружного рельса.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты съемки планового положения и ширины колеи после обкатки пути приведены в таблице 1.

Таблица 1 / Table 1

Анализ исполнительных съемок фактического планового положения пути после обкатки от 10.06.2023 и 12.06.2023
Executive survey of the actual planned position of the track after running-in from 10.06.2023 and 12.06.2023

№ пут. реп. / № кольца	Пикет		Проектная отм. ближайшего рельса к путевому реперу	Отметка путевого репера	Отчеты по рейке			Допуск		Отклонения от проектных положений рельс в профиле (Допуск ± 3 мм)		Возвышение наружного рельса над внутренним, мм (Допуск ± 3 мм)	
					На репере	На ближайший рельс	На дальний рельс	Ближайший рельс	Дальний рельс	Ближайший рельс к путевому реперу	Дальний рельс от путевого репера	Проектное	Фактическое
28	114+	10,886	813,465	813,464	1,337	1,336	1,337	813,465	813,464	0	-1	0	1
29	114+	20,032	813,492	813,492	1,309	1,310	1,309	813,491	813,492	-1	0	0	-1
		25,032	813,507			1,294	1,294	813,507	813,507	0	0	0	0
		30,032	813,522			1,279	1,279	813,522	813,522	0	0	0	0
		35,032	813,537			1,263	1,266	813,538	813,535	1	-2	0	3
30	114+	40,058	813,552	813,549	1,252	1,249	1,248	813,552	813,553	0	1	0	-1
		45,058	813,567			1,234	1,233	813,567	813,568	0	1	0	-1
		50,058	813,582			1,218	1,217	813,583	813,584	1	2	0	-1
		55,058	813,597			1,203	1,204	813,598	813,597	1	0	0	1
31	114+	60,021	813,612	813,611	1,3795	1,376	1,377	813,614	813,613	2	1	0	1
		65,021	813,627			1,365	1,365	813,625	813,625	-2	-2	0	0
		70,021	813,642			1,349	1,348	813,641	813,642	-1	0	0	-1
		75,021	813,657			1,333	1,333	813,657	813,657	0	0	0	0
32	114+	80,085	813,672	813,670	1,320	1,318	1,318	813,672	813,672	0	0	0	0
		85,085	813,687			1,303	1,302	813,687	813,688	0	1	0	-1
		90,085	813,702			1,287	1,288	813,703	813,702	1	0	0	1
		95,085	813,717			1,272	1,274	813,718	813,716	1	-1	0	2
33	114+	99,982	813,732	813,733	1,257	1,257	1,257	813,733	813,733	1	1	0	0
	115+	4,982	813,747			1,242	1,243	813,748	813,747	1	0	0	1
	115+	9,982	813,762			1,228	1,228	813,762	813,762	0	0	0	0
		14,943	813,777			1,332	1,330	813,776	813,778	-1	1	0	-2
34	115+	19,943	813,792	813,790	1,318	1,317	1,316	813,791	813,792	-1	0	0	-1
		24,943	813,807			1,302	1,302	813,806	813,806	-1	-1	0	0
		29,943	813,822			1,288	1,288	813,820	813,820	-2	-2	0	0
		34,943	813,837			1,272	1,272	813,836	813,836	-1	-1	0	0
35	115+	40,162	813,853	813,851	1,257	1,254	1,256	813,854	813,852	1	-1	0	2
		45,162	813,868			1,240	1,240	813,868	813,868	0	0	0	0
		50,024	813,882			1,290	1,287	813,879	813,882	-3	0	0	-3
		55,024	813,897			1,271	1,272	813,898	813,897	1	0	0	1
36	115+	60,024	813,912	813,911	1,258	1,258	1,258	813,911	813,911	-1	-1	0	0
		65,024	813,927			1,241	1,241	813,928	813,928	1	1	0	0
		70,024	813,942			1,226	1,226	813,943	813,943	1	1	0	0
		75,024	813,957			1,212	1,212	813,957	813,957	0	0	0	0
37	115+	80,028	813,972	813,976	1,193	1,196	1,197	813,973	813,972	1	0	0	1
		85,028	813,987			1,182	1,183	813,987	813,986	0	-1	0	1
		90,028	814,002			1,166	1,166	814,003	814,003	1	1	0	0
		95,028	814,017			1,151	1,151	814,018	814,018	1	1	0	0
38	116+	0,018	814,032	814,030	1,139	1,137	1,138	814,032	814,031	0	-1	0	1



Рис. 3. Высокоточный тахеометр TS09plus. Электронный нивелир Sokkia sdl1x

Fig. 3. High-precision total station TS09plus. Sokkia sdl1x Electronic leveler

Весь этот комплекс работ выполнен высокоточным тахеометром TS09plus (1") и электронным нивелиром Sokkia sdl1x. Тахеометр с угловой точностью 1" и дальностью измерений до 500 метров в безотражательном режиме сочетает передовые технологии коммуникации и измерений для получения самого точного, быстрого и надежного результата работы [7-10].

Высокую производительность прибора обеспечивают сенсорный экран, высокоточный дальномер и полный пакет встроенного ПО FlexField plus с большим набором прикладных программ. Прецизионный цифровой нивелир Sokkia sdl1x Standard разработан для производства высокоточных измерений с использованием штрихкодовых реек. Точность SDLIX Standard составляет 0,3 мм на 1 км двойного хода, что делает его незаменимым помощником в любых приложениях, где требуется наивысшая точность определения отметок. Применение цифрового нивелира позволяет повысить скорость работы и снизить вероятность ошибок исполнителя [11, 12].

По данным мониторинга технического состояния подземных рельсовых путей можно сделать вывод, что работа по строительству метрополитена проводится согласно СП РК 3.03-117-2013 «Метрополитен» [13], а также другим ГОСТам и Инструкциям [1, 10], и все отклонения не превышают установленных допусков, которые приведены в таблице 2.

Заключение

Постоянный мониторинг подземных рельсов необходим для обеспечения бесперебойной работы этих жизненно важных городских транспортных систем. Пути метро подвергаются различным суровым условиям и нагрузкам. Поезда, каждый из которых весит тонны, ходят по этим рельсам каждый день, что приводит к их износу. Рельсы также подвержены изменениям температуры, колебаниям и возможным движениям почвы из-за геологических условий. Эти факторы могут среди прочего привести к дефор-

Таблица 2 / Table 2

Допуски по установке пути в тоннеле согласно
СП РК 3.03-117-2013 «Метрополитен»
Tolerances for installing a track in a tunnel according
to the SP RK 3.03-117-2013 «Metros»

Название допусков и стандартов	Погрешность, мм
Путейский репер по пикетажу, мм	±30
Отметка путейского репера	±2
Концы участка рельсового пути длиной 5 м:	
В плане (не должен носить систематический характер)	±2
По высоте, то же	±2
Отклонение в плане и профиле	±3
Уширение колеи	±4
Сужение колеи	±2
Длиной 20 м	±3
Длиной 10 м	±2
Отклонение рельсовых нитей в плане и профиле на участке длиной 5 м (на соседних хордах не должны иметь разных знаков)	±2

мации рельсов, структурным дефектам и угрозам безопасности [14, 15].

Без надлежащего мониторинга проблемы могут остаться незамеченными и привести к сбоям в обслуживании и в худшем случае к авариям. Последствия пренебрежения обслуживанием рельсов могут быть серьезными как с точки зрения безопасности, так и с точки зрения экономики. Профилактическое обслуживание, обеспечиваемое постоянным мониторингом, имеет решающее значение для раннего выявления и устранения потенциальных проблем, тем самым предотвращая серьезные повреждения [16].

Выводы

1. Мониторинг подземных рельсовых путей в Алматинском метрополитене является важнейшим аспектом обеспечения безопасности, эффективности и надежности системы метрополитена.

2. Внедрение передовых технологий мониторинга играет ключевую роль в выявлении и устранении потенциальных проблем до их обострения, тем самым сводя к минимуму риск сбоев и обеспечивая бесперебойную работу сети метрополитена.

3. Постоянно отслеживая различные параметры, такие как состояние путей, износ и потенциальные конструктивные недостатки, сотрудники метрополитена могут заблаговременно планировать и выполнять мероприятия по техническому обслуживанию.

4. Такой упреждающий подход не только повышает общую безопасность системы метрополитена, но и способствует долговечности инфраструктуры, снижая вероятность неожиданных поломок и обеспечивая надежное и пунктуальное обслуживание пассажиров. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей ВСН 160-69 [Электронный ресурс] / В. Г. Афанасьев, Б. И. Гойдышев, И. Ф. Демьянчик [и др.]. - М.: Минтрансстрой, 1970. - С. 7-9.
2. Andex Geo [Сайт]. - URL: <https://andexgeo.ru/katalog/niveliry/elektronnye/sokkia-sdl1x-advanced> (дата обращения: 24.03.2024).

3. Geoptic. Ru [Сайт]. - URL: <https://www.geoptic.ru/catalog/leica-ts09-rus> (дата обращения: 24.03.2024).
4. Лебедев, Н. Н. Инженерная геодезия: ч. VI / Н. Н. Лебедев. - М.: Геодезиздат, 1959.
5. Дурново, П. С. Организация ремонта и содержания пути / П. С. Дурново. - М.: Трансжелдориздат, 1945.
6. Геодезия в железнодорожном тоннеле / А. Ф. Лютиц, В. П. Сорокин, Т. С. Финковская [и др.]. - М., Геодезиздат, 1962. - 95 с.
7. Абдуллаев, Б. А. Технический отчет о контрольных геодезическо-маркшейдерских работах на объектах: «Строительство первой очереди алматинского метрополитена» / главный маркшейдер ОАО «Алматыметрокурлыс» Абдуллаев Б. А. - Алматы, 2008. - С. 4-49.
8. Пупоревич, А. А. Исследование точности автоматического визирования роботизированным тахеометром на коротких расстояниях / А. А. Пупоревич, М. Г. Выстрчил, А. Г. Апарин // Маркшейдерия и недропользование. - 2022. - № 2(118). - С. 41-45.
9. Горайнов, И. В. Исследования точности определения координат станции обратной линейно-угловой засечки при измерениях в узких горных выработках / И. В. Горайнов // Маркшейдерия и недропользование. - 2022. - № 6(122). - С. 59-66. - DOI 10.56195/20793332_2022_6_59_66.
10. ГОСТ РФ 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. - М.: Стандартинформ, 2010.
11. Шутенков, Г. С. Маркшейдерское дело / Г. С. Шутенков. - М.: Гостехиздат, 1957.
12. Гришаев, В. И. Железнодорожные тоннели / В. И. Гришаев. - М.: Гостехиздат, 1957.
13. СП РК 3.03-117-2013 «Метрополитен». Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. - Алматы: Метрополитен, 2007.
14. Monitoring of deformations of structures in the metro construction zone / K. Pernebek, A. Abdibek, S. Soltabayeva, M. Nurpeisova // The scientific heritage. - 2022. - Vol. 89. - P. 141-145.
15. Абдыбек, А. М. Маркшейдерское обеспечение строительства железнодорожной трассы метрополитена / А. М. Абдыбек // Труды МНП конференции, посвящ. 115-летию А. Ж. Машанева «Инновационные техноогии в геопроостранственной цифровой инженерии». - Алматы: КазННТУ, 2022. - С. 144-151.
16. Геоинструкции для геодезического, строительного и контрольно-измерительного оборудования [Сайт]. - URL: <https://geoinstrukcii.ru/manual/tsifrovye-niveliry/sokkia/sokkia-sdl1x-pdf2> (дата обращения: 24.03.2024).

REFERENCES

1. Afanasyev VG, Goidyshev BI, Demyanchik IF et al. Instructions for geodetic and surveying work in the construction of transport tunnels VSN 160-69. Moscow; Ministry of Transport, 1970. (In Russ.)
2. Andex Geo. Available from: <https://andexgeo.ru/katalog/niveliry/elektronnye/sokkia-sdl1x-advanced> (In Russ.)
3. Geoptic. Ru. Available from: <https://www.geoptic.ru/catalog/leica-ts09-rus> (In Russ.)
4. Lebedev NN. Engineering geodesy, part VI. Moscow, Geodesizdat, 1959 (In Russ.)
5. Durnovo PS. Organization of repair and maintenance of the way. Moscow; Transzheldorizdat, 1945 (In Russ.)
6. Lutz AF, Sorokin VP, Finkovskaya TS. Geodesy in a railway tunnel. Moscow; Geodesizdat, 1962 (In Russ.)
7. Abdullaev BA. Technical report on control geodetic and surveying works on objects: «Construction of the first stage of the Almaty metro». Almaty;2008: 4-49 (In Russ.)
8. Puparevich AA., Vystrechil MG., Aparin AG. Investigation of the accuracy of automatic sighting by a robotic total station at short distances. *Surveying and subsoil use*. 2022;2(118):41-45.
9. Goryainov IV. Studies of the accuracy of determining the coordinates of the inverse linear-angular serif station during measurements in narrow mine workings. *Surveying and subsoil use*. 2022;6(122):59-66. DOI 10.56195/20793332_2022_6_59_66.
10. GOST R 53778-2010 Buildings and structures. Rules 10. Shutenkov G. S. Surveying. Moscow; Gostekhizdat, 2010 (In Russ.)
11. Shutenkov GS. Surveying. Moscow;1957 (In Russ.)
12. Grishaev VI. Railway tunnels. Moscow;1957 (In Russ.)
13. Joint Venture OF the Republic of Kazakhstan 3.03-117-2013 «Metropolitan» Buildings and structures. Rules of inspection and monitoring of technical condition. Almaty; 2007 (In Russ.)
14. Pernebek K, Abdibek A, Soltabayeva S, Nurpeisova M. Monitoring of deformations of structures in the metro construction zone. *The scientific heritage*. 2022;89:141-45.
15. Abdybek AM. Surveying support for the construction of the metro railway route. *Proceedings of the MNP confer. dedicated on the 115th anniversary of A.J.Mashanov «Innovative technologies in geospatial digital engineering»*. Almaty;2022:144-51 (In Russ.)
16. Geo instructions for geodetic, construction and control and measuring equipment. Available from: <https://geoinstrukcii.ru/manual/tsifrovye-niveliry/sokkia/sokkia-sdl1x-pdf2> (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Солтабаева Сауле Темирбулатовна:
ассоциированный профессор,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: saule_soltabayeva@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Soltabayeva Saule Temirbulatovna:
Associate Professor,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: saule_soltabayeva@mail.ru



Абдыбек Аружан:
магистрант,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: a.abdybek@mail.ru

Abdybek Aruzhan:
master's student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: a.abdybek@mail.ru



Ахмет Нуркасым Бахытулы:
магистрант,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail:
akhmet.nurkassym@gmail.com

Akhmet Nurkassym Bahytuly:
master's student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: akhmet.nurkassym@gmail.com



Амангелди Анеля Нурланқызы:
магистрант,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: anelya.amangeldy@gmail.com

Amangeldi Anelya Nurlanqyzy:
master's student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: anelya.amangeldy@gmail.com

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.



ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ



Геологический факультет МГУ — всемирно известный учебно-научный центр России.
Хотя датой основания факультета считается 1938 г.,
минералогия в Московском Университете преподается уже более двух столетий.
На кафедрах и в лабораториях факультета работают ученые с мировым
именем, талантливая молодежь. Среди наших профессоров — 7 академиков
и 6 членов-корреспондентов РАН, 18 членов Академии естественных наук РФ.
Вся деятельность сотрудников факультета направлена на развитие
геологической науки, образования и культуры — необходимых условий
экономического и духовного возрождения России.

Контакты : Москва, Ленинские горы, д.1, МГУ имени М.В.Ломоносова,
геологический факультет
Телефон:
+7 (495) 939-2970
Email:
dean@geol.msu.ru



WWW.N-GN.RU