

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 4. С. 269–279.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (4): 269–279.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 624.9

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-4-269-279

EDN: JMZUOU

МОДЕРНИЗАЦИЯ СНЕЖНЫХ ПОЛИГОНОВ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дмитрий Павлович Лучинский¹, Вера Дмитриевна Тимоховец²,
Максим Владимирович Швырёв²

¹Акционерное общество «Мостострой-11», г. Тюмень, Россия

²Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена несоответствием инфраструктуры снежных полигонов в урбанизированных районах Российской Федерации современным экологическим, инженерным и экономическим нормам. Проблемы, связанные с утилизацией снежных масс, а также существенные недостатки функционирования действующих полигонных комплексов требуют разработки научно обоснованных решений для проведения комплексной модернизации данных объектов. Создание снежных полигонов, отвечающих принципам устойчивого развития и экологической безопасности, представляет собой значимую научную задачу, требующую системного подхода и детального анализа.

Цель. Разработка современного снежного полигона, который будет отвечать современным экологическим, техническим и экономическим стандартам.

Проведен анализ состояния снежных полигонов на территории Российской Федерации, рассмотрены последствия их неэффективного функционирования и отсутствия, дана оценка их текущего состояния и выявлены основные проблемы, такие как загрязнение почвы и водоемов тальми водами, содержащими вредные вещества и твердые отходы.

Результаты. На основе полученных данных разработана модернизированная версия снежного полигона с асфальтобетонным покрытием и системой очистки талых вод. Предложенная конструкция позволяет предотвратить попадание загрязняющих веществ и твердых отходов от таяния снежных масс в почву и обеспечивает удаление привнесенной воды из основания и земляного полотна под площадкой.

Практическая значимость исследования подтверждается внедрением предложенной модернизированной версии снежного полигона в г. Тюмени, где объект успешно функционирует.

Ключевые слова: дорожная отрасль, зимнее содержание автомобильных дорог, снегоочистка, снежный полигон, снегоприемные пункты, дренажная система, подъездная автодорога, блоки типа Нью-Джерси

Для цитирования: Лучинский Д.П., Тимоховец В.Д., Швырёв М.В. Модернизация снежных полигонов в крупных городах Российской Федерации // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 4. С. 269–279. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-4-269-279. EDN: JMZUOU

ORIGINAL ARTICLE

MODERNIZATION OF SNOW POLYGONS IN CITIES OF THE RUSSIAN FEDERATION**Dmitrij P. Luchinskii¹, Vera D. Timohovets², Maksim V. Shvyryov²**¹AO "Mostostroy-11", Tyumen, Russia²Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Abstract. In urbanized areas of the Russian Federation, the infrastructure of snow landfills does not meet modern environmental, engineering, and economic standards. This fact makes it necessary to carry out a comprehensive modernization of these facilities. The relevance of this study is determined by the problems associated with the utilization of snow masses, as well as the significant disadvantages of existing landfill complexes. The development of upgraded landfills that meet the requirements of sustainable development and environmental safety is a significant scientific task that requires a detailed analysis and systematic approach.

This paper analyzes the problems of snow polygons existing on the territory of the Russian Federation and the consequences of their absence, their current state, and identifies shortcomings in their functioning.

Based on the data obtained, an upgraded version of the snow landfill with an asphalt concrete surface is proposed, provided with a cleaning system that avoids harmful substances and solid waste from melting snow masses into the soil and removing the introduced water from the base and the earthbed under the site.

The proposed upgraded version of the snow training ground was put into operation in Tyumen and is successfully operating.

Keywords: road industry, snow landfill, road winter maintenance, snow removal, snow collection points, drainage system, access road, New Jersey type blocks

For citation: Luchinskii D.P., Timokhovets V.D., Shvyrev M.V. Modernization of Snow Polygons in Cities of the Russian Federation. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (4): 269–279. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-4-269-279. EDN: JMZUOU

Введение

Актуальность модернизации снежных полигонов обусловлена проблемами снежных отложений и рядом недостатков существующих снежных полигонов естественного таяния (рис. 1). В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют системные исследования, направленные на устранение выявленных недостатков данных объектов. Разработка современного снежного полигона, который будет отвечать экологическим, техническим и экономическим стандартам, представляет собой актуальную научную задачу, требующую детального анализа и комплексного подхода. Целью настоящей работы является решение указанной проблемы путем разработки инновационных решений модернизации снежных полигонов.

Проблемы несвоевременной очистки снежных отложений

На территории большей части Российской Федерации обильные снегопады оказывают существенное негативное влияние на качество жизни населения и функционирование всех сфер деятельности. Снежные заносы [1] препятствуют проезду машин экстренных служб, затрудняют доступ к медицинским

учреждениям, административным зданиям и торговым центрам, а также снижают безопасность беспрепятственного передвижения пешеходов [2]. Для систематизации сфер влияния снежных отложений в пределах городской территории была разработана схема, приведенная на рис. 1.



Рис. 1. Проблемы снежных отложений
Fig. 1. Challenges of snow deposits

Вследствие вышеуказанных факторов своевременная очистка дорог и прилегающих территорий от снежных заносов и валов является одним из важнейших мероприятий для поддержания безопасности и комфорта перемещения всех участников дорожного движения в зимний период.

Работники коммунальных служб, ответственные за уборку снега в непосредственной близости от жилых домов, часто формируют снег в снежные отвалы на окраинах дворовых территорий, в непосредственной близости к проезжей части. Подобные скопления снега значительно снижают обзор водителей, что может привести к дорожно-транспортным происшествиям как с участием автотранспорта, так и пешеходов.

Часто причиной хранения снега в указанных местах является отсутствие или неоптимальное расположение снежных полигонов [3], предусмотренных для хранения и утилизации снежно-ледовых накоплений с территории населенных пунктов, в том числе неочищенных масс с проезжей части и тротуаров и искусственно возведенных сооружений. Накопление снега на кромке проезжей части значительно сужает полосу движения, следовательно, для обеспечения безопасности транспортных средств необходимо оперативное его удаление. На автомобильных дорогах вне застроенной территории снег, как правило, удаляется в прилегающие кюветы и не требует вывоза.

Классификация снежных полигонов

На сегодняшний день существует несколько способов утилизации снега. В настоящем исследовании рассмотрены самые распространённые из них и выполнена их оценка (рис. 2).

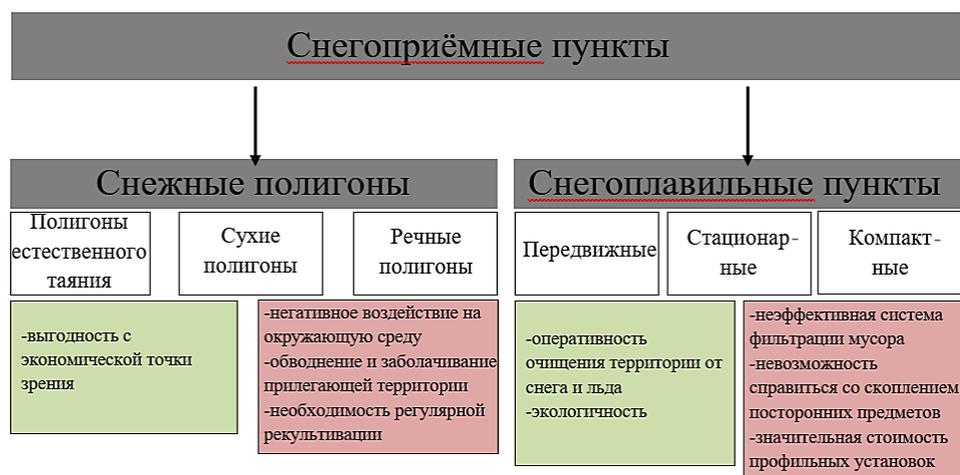


Рис. 2. Снегоприемные пункты

Fig. 2. Snow polygons

Выявленные недостатки оказывают существенное влияние на эффективность работы снежных полигонов, приводя к невозможности своевременного доведения всех элементов дороги до надлежащего уровня содержания.

Обеспеченность снежными полигонами

В Российской Федерации снежные полигоны широко распространены в связи с экономической эффективностью и ввиду простоты их размещения в различных локациях города. Анализ обеспеченности крупных городов Российской Федерации снежными полигонами приведен в таблице.

Количество снежных полигонов в городах РФ

Snow polygons in Russian cities

Город	Количество полигонов	Среднее количество выпавшего снега, тыс. т	Средняя вместительность снежных полигонов, тыс. т/м ³
Москва	4	3974	6500
Санкт-Петербург	7	1705	1015
Казань	7	768	3000
Томск	3	382	600
Нижний Новгород	5	826	700
Пермь	5	526	3000
Ханты-Мансийск	1	426	700
Салехард	1	498	435
Уфа	11	520	400
Екатеринбург	7	521	380
Тамбов	3	356	400

Окончание таблицы
End of table

Город	Количество полигонов	Среднее количество выпавшего снега, тыс. т	Средняя вместительность снежных полигонов, тыс. т/м ³
Воронеж	6	436	300
Омск	5	550	1000
Тюмень	3	820	700
Ростов-на-Дону	11	400	500
Красноярск	4	352	100

Цветом в таблице выделены города, в которых объем выпавшего снега не соответствует вместимости существующих снежных полигонов, что вызывает необходимость корректировки ситуации, связанной с хранением и утилизацией снега. Одним из таких городов является Тюмень. В силу климатогеографических особенностей, быстрого роста численности населения и количества автомобилей, а также оперативности сбора натуральных данных указанная городская территория выбрана для дальнейшего детального рассмотрения.

Модернизация снежного полигона в г. Тюмени

Тюмень является крупным транспортным узлом с развитой сетью внутренних улиц различных категорий и параметров. Суммарная протяженность дорог превышает 1000 км. Условия эксплуатации улично-дорожной сети, сформированные застройкой предыдущих лет, оказывают влияние на зимнее содержание дорожного хозяйства.

Плановое удаление снега с проезжей части улиц осуществляется автосамосвалами с погрузкой снегоборщиком. В первую очередь удаление снега с поверхности проезжей части производится по маршрутам автобусного движения и на магистральных улицах общегородского назначения (улицы с наибольшей интенсивностью транспортных потоков). Мероприятия по зимнему содержанию осуществляются специализированными организациями, имеющими необходимый набор снегоуборочной техники.

В зависимости от интенсивности и вида осадков (снегопад, гололед) на проезжей части применяются специализированные очистительные машины (рис. 3). Снежная масса сдвигается к кромке покрытия в виде снежного вала, при необходимости с итерацией; затем поверхность покрытия обрабатывается противогололедными материалами [4] (в твердом виде – хлориды, в жидком – рассолы), что способствует достижению дополнительного эффекта в виде размельчения снежной массы (льда). Для повышения фрикционных свойств покрытия к материалу, расплавляющему лед, добавлен песок в нормированных пропорциях.

В результате указанных операций происходит трансформация льда или снега в рыхлую снежно-водяную массу, которая последующей операцией по очистке сдвигается механизмами в снежный вал к кромке покрытия. В результате формируется масса для транспортировки на снежный полигон, в составе которой присутствуют: соль, песок, лед как продукт таянья и привнесенные

компоненты от сгорания горюче-смазочных материалов, масла и др. При переработке указанной массы на полигоне требуется выделение твердого остатка и утилизация содержащихся в нем вредных веществ.



Рис. 3. Очистка дороги с использованием снегопогрузчика с автосамосвалом
Fig. 3. Snowloader with dump truck

Для размещения вывозимого снега с учетом минимизации затрат на транспортировку, возможности площадок и обеспечения принимаемой массы администрацией города выделены несколько территорий по направлениям от застройки: на запад (д. Воронино), на восток (д. Копытово) и на север (Велижанский тракт). Объем каждой площадки рассчитан на $500,0 \text{ т/м}^3$ снега. Предоставляемые территории, как правило, ранее использовавшиеся карьеры грунта, которые в настоящее время не производят разработку, т. е. представляют собой котлованы малой глубины.

За проанализированный трехлетний период складирование снега на указанных площадках выполнялось непосредственно на выровненную поверхность котлована (грунт – суглинок) [5]. Подъездная автомобильная дорога организована с учетом условий приемки снега. Периметр площадки обрамлен грунтовой дамбой для ограничения разлива воды в период таяния снежно-ледяной массы.

Привезенный автосамосвалами снег формируется бульдозером в штабель высотой до 10 м. Естественное таяние массы снега под воздействием положительной температуры и осадков происходит в весенне-летний период. По результатам наблюдений установлено, что в процессе постепенного таяния около 30 % воды испаряется, около 40 % фильтруется в грунт, а остаточный объем снежной воды должен быть перенаправлен в систему водоотвода. Наличие в привезенном с улиц города снеге загрязняющих компонентов (песок, хлориды, грязь, мусор и т. д.) при многолетней фильтрации в грунт через почву приводит к превышению предельно допустимых концентраций (ПДК) [6] вредных веществ, попадающих в прилегающие водоемы и другие водные объекты и территории [7].

Все вышеперечисленные факторы подтверждают необходимость организации поверхностного водоотвода в закрытую систему для последующей очистки.

С учетом требований экологии и минимизации выявленных проблем разработан проект по складированию снега, очистке талых вод и внедрению технологий снеготопления для снижения негативных последствий.

Первый из объектов (снежных полигонов) запроектирован и реализован в направлении на запад (д. Воронино) «Строительство сооружений – мест для складирования снега по адресу: г. Тюмень, проезд Воронинские горки».

Проектом предусмотрены:

– организация площадки для складирования снега. Снег, доставляемый самосвалами, размещается на замкнутой площадке, обвалованной грунтовой бермой, с покрытием из 2 слоев асфальтобетона на щебеночном основании, размещенном на песчаном слое толщиной 1,2 м по естественной грунтовой подошве (суглинок тугопластичный);

– уклон всей поверхности площадки – 5 ‰, выполнен для движения воды от бурта снега к приемным лоткам в нижней точке. Вода собирается в колодец, откуда насосом перекачивается в действующую систему канализационно-насосной станции (КНС) хозяйственно-бытовых стоков [8], расположенную в непосредственной близости для перекачки в очистные сооружения Тюмени;

– подъездная автодорога и система учета по приему автосамосвалов на площадку с наружным освещением (рис. 4).

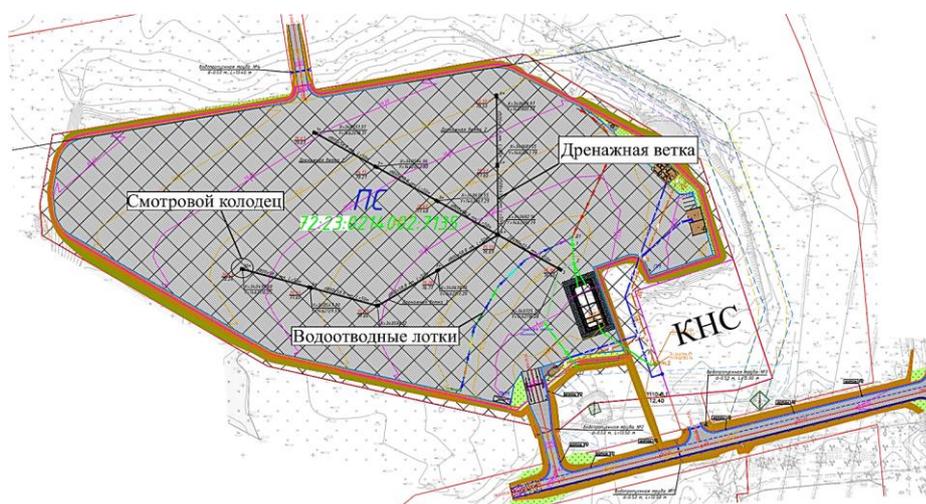


Рис. 4. Схема модернизированного снежного полигона

Fig. 4. Schematic of modernized snow polygon

При реализации проекта, где выполнены все предусмотренные проектом конструктивы и сооружения, были выявлены дополнительные факторы, оказывающие влияние на эксплуатационные характеристики разработанной конструкции. Они требуют специальных решений для повышения долговечности, удобства эксплуатации и сохранения в рабочем состоянии объекта:

– в зимний период: отрицательные температуры, изменяющаяся структура снега, его превращение в лед, а затем в воду с повторением циклов замерзания и оттаивания;

– в летний период: часть площади остается под снежной массой и замерзшим покрытием из асфальтобетона, на освободившейся территории наблюдается обводнение от растаявшего снега с проникновением воды в основание (рис. 5).



Рис. 5. Вид снежного полигона

Fig. 5. Snow polygon

Выявленные факторы приводят к снижению устойчивости и прочности асфальтобетона.

Для ликвидации негативных последствий в дополнение к стандартным проектным решениям авторами предложены следующие меры:

– устройство внутреннего ограждающего контура из тяжелых железобетонных блоков типа «Нью-Джерси» [9] (12-ДД-2010-0,55/2000П), ранее применявшихся в качестве парапетного ограждения на автодорогах. Блоки формируют внутренний ограждающий контур, обеспечивая технологический проезд и стекание воды к сборным лоткам для последующей откачки в систему КНС;

– согласно СП 34.13330.2021 (гл. 7, 8) следует обеспечивать необходимый размер превышения уровня покрытия над уровнем грунтовых вод или длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод и т. д. При невозможности обеспечения требуемого возвышения предусмотрены специальные меры по урегулированию водно-теплового режима рабочего слоя;

– устройство дренажной системы (аналогично трубчатому перехватывающему дренажу на автодороге) под поверхностью покрытия площадки со снегом в виде сведенных в систему сборных коллекторов с колодцами. Коллекторы выполнены с использованием демонтированных пластиковых труб, с перфорацией и обмоткой нетканым материалом, а колодцы – из сборных блоков ФБС для долговечности и устойчивости к агрессивной воде с хлоридами. Дренажная система является самотечной и подключена к системе поверхностного водоотвода, входящей в сборную емкость, предусмотренную в проекте.

На объекте учтены факторы, являющиеся ключевыми для конкретных условий:

– наличие водоупорного слоя под конструкцией площадки (в виде суглинка тугопластичного), препятствующего дренированию получаемой от тая-

ния воды в нижележащие грунты. Проникшая вода остается в основании, что приводит к переувлажнению в рабочем слое земляного полотна и снижению прочностных характеристик и несущей способности всей конструкции;

– дренажная система обеспечивает отвод воды из слоев основания и тела земляного полотна как при наличии снега, так и после его таяния;

– линия железобетонных блоков по внутреннему контуру позволяет увеличить высоту складываемого снега и организовать проезд по периметру склада. Между блоками и границей площадки возможно удаление твердого остатка, поэтапно без нарушения целостности общего склада;

– неравномерность притока воды, вызванная различными погодными факторами (дождь или солнечные дни), оказывает влияние на объем стока с поверхности. Однако существует возможность регулирования количества отвода воды в систему очистки путем временного сохранения запаса воды при больших объемах стока.

Заключение

В результате выполненного исследования проанализированы классификация и обеспеченность снежными полигонами городов Российской Федерации, а также выявлены недостатки функционирования существующих полигонов. На основе проведенного анализа была разработана и успешно внедрена модернизированная версия снежного полигона, имеющая ряд преимуществ. Главным элементом проекта является дренажная система, обеспечивающая отвод талых вод из основания дорожной одежды и предотвращение их фильтрации в грунт. Кроме того, она обеспечивает возможность поэтапного удаления твердого остатка при наличии общего склада снега и в случае его отсутствия.

Таким образом, благодаря данной разработке решены следующие типичные проблемы: негативное воздействие на окружающую среду, обводнение и заболачивание прилегающей территории, необходимость регулярной рекультивации. Предложенная модернизация обеспечивает долгосрочный экономический эффект за счет снижения эксплуатационных затрат и увеличения срока службы объекта. Предложено использование разработанной усовершенствованной версии снежных полигонов на территории других городов Российской Федерации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Павлова Л.Н., Коннов Д.А. Способы защиты автомобильных дорог от снежных заносов // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 99-8. С. 64–67. DOI: 10.18411/trnio-07-2023-434. EDN: WNPKNB
2. Бурлуцкий А.А., Ромашова А.А. Обзор технологий сбора данных о параметрах движения городских транспортных потоков // Избранные доклады 67-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 19–23 апреля 2021 г. Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. С. 220–223. EDN EXCEZR
3. Карачевцев Д.Р. Снежный полигон как способ складирования снежной массы // Молодежь и системная модернизация страны : сборник научных статей 4-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых, Курск, 21–22 мая 2019 г. Том 4. Курск : Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 305–308. EDN: WSWSDY
4. Овчинников А.А., Лучинский Д.П., Тимоховец В.Д. Повышение качества содержания улиц и городских дорог с учетом климато-географических условий г. Тюмени // Инновации

- и долговечность объектов транспортной инфраструктуры (материалы, конструкции, технологии) : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, 18–19 ноября 2021 г. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. С. 61–67. EDN: IMRHEX
5. Сухоруков А.В., Бадина М.В., Чурилин В.С., Сиволан В.Е. Анализ переменных, влияющих на изменение коэффициента влагопроводности глинистых грунтов // Транспортные сооружения. 2022. Т. 9. № 4. DOI: 10.15862/08SATS422. EDN: CJMIXO
 6. Chichigina Ya.M., Shigabaeva G.N., Emelyanova E.A., Galunin E.V., Yakimov A.S., Isaev A.Yu., Bekker M.R. Heavy metal contents in the Tyumen city residential area soils // Journal of advanced materials and technologies. 2023. V. 8. № 2. P. 141–156. DOI: 10.17277/jamt.2023.02.pp.141-156. EDN: SKTPEO
 7. Ягафаров С.А., Чистякова Н.Ф. Геоэкологическая оценка почв территории снежных полигонов (на примере г. Тюмень) // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К.В. Радугина, Томск, 08–12 апреля 2019 г. В 2 томах. Том 1. Томск : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2019. С. 655–656. EDN: FQAZGJ
 8. Воронов А.А., Максимова С.В. Утилизация талых вод снежных полигонов // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов, Тюмень, 21–23 декабря 2020 г. Том II. Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2020. С. 108–111. EDN: PODSJJ
 9. Бессонов А.С. Современные методы восстановления и ремонта парапетных ограждений типа «Нью-Джерси» // Перспективы науки. 2019. № 9 (114). С. 23–27.

REFERENCES

1. Pavlova L.N., Konnov D.A. Road Protection from Snow Drifts. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2023; (99-8): 64–67. DOI: 10.18411/trnio-07-2023-434 EDN: WNPKHB (In Russian)
2. Burluczkiy A.A., Romashova A.A. Analysis of Technologies for Collecting Data on Traffic Flow Parameters. In: *Selected Papers 67th University Sci. Conf. of Students and Young Scientists*, in 3 vol. Tomsk: TSUAB, 2021. Pp. 220–223. (In Russian)
3. Karachevcev D.R. Snow Polygon as a Way of Snow Mass Storage. In: *Proc. 4th Int. Conf. of Students and Young Scientists 'The Youth and Systems Modernization of the Country'*. Kursk: South-West State University, 2019. Pp. 305–308. (In Russian)
4. Ovchinnikov A.A., Luchinskij D.P., Timoxovets V.D. Quality Improvement of Street and Urban Road Maintenance in Tyumen Climatic and Geographical Conditions. In: *Proc. 4th All-Russ. Sci. Conf. 'Innovations and Durability of Transport Infrastructure Objects'*, Saint-Petersburg, 2022. Pp. 61–67. (In Russian)
5. Suhorukov A.V., Badina M.V., Churilin V.S., Sivolap V.E. Variables Affecting Moisture Conductivity Coefficient of Clayey Soils. *Transportnye sooruzheniya*. 2022; 9 (4). DOI: 10.15862/08SATS422. EDN: CJMIXO (In Russian)
6. Chichigina Ya.M., Shigabaeva G.N., Emelyanova E.A., Galunin E.V., Yakimov A.S., Isaev A.Yu., Bekker M.R. Heavy Metal Contents in the Tyumen City Residential Area Soils. *Journal of Advanced Materials and Technologies*. 2023; 8 (2): 141–156. DOI: 10.17277/jamt.2023.02.pp.141-156. EDN: SKTPEO
7. Yagafarov S.A., Chistyakova N.F. Geoecological Assessment of Soils on Snow Polygon Territory (the Tyumen case study). In: *Proc. 23rd Int. Symp. 'Problems of Geology and Subsoil Development'*, in 2 vol. Tomsk: TPU, 2019. Pp. 655–656. (In Russian)
8. Voronov A.A., Maksimova S.V. Utilisation of Snow Landfill Melt Water. In: *Proc. Int. Sci. Conf. 'Energy Saving and Innovative Technologies in Fuel and Energy Complex'*. Tyumen: Tyumen Industrial University, 2020. Pp. 108–111. (In Russian)
9. Bessonov A.S. Modern Methods of Restoration and Repair of Parapet Fences of 'New Jersey' Type. *Perspektivy nauki*. 2019; 9 (114): 23–27. (In Russian)

Сведения об авторах

Лучинский Дмитрий Павлович, заместитель главного инженера АО «Мостострой-11», 652000, г. Тюмень, ул. Смоленская, 41, luchinskiyd@mail.ru

Тимоховец Вера Дмитриевна, канд. техн. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет, 652000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, timohovetsvd@tyuiu.ru

Швырёв Максим Владимирович, студент, Тюменский индустриальный университет, 652000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, maksim.902016@yandex.ru

Authors Details

Dmitrii P. Luchinskii, Deputy Chief Engineer, AO “Mostostroy-11”, 41, Smolenskaya Str., 652000, Tyumen, Russia, luchinskiyd@mail.ru

Vera D. Timohovets, PhD, A/Professor, Industrial University of Tyumen, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, timohovetsvd@tyuiu.ru

Maksim V. Shvyryov, Student, Industrial University of Tyumen, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, maksim.902016@yandex.ru

Вклад авторов

Лучинский Д.П. – научное руководство, концепция исследования, реализация проекта.

Тимоховец В.Д. – научное руководство, доработка текста.

Швырёв М.В. – участие в реализации проекта, написание исходного текста; итоговые выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

Luchinskij D.P. – supervision, conceptualization, project implementation.

Timohovets V.D. – supervision, editing manuscript.

Shvyryov M.V. – project implementation, writing–original draft preparation; final conclusions.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.02.2025
Одобрена после рецензирования 17.04.2025
Принята к публикации 27.05.2025

Submitted for publication 04.02.2025
Approved after review 17.04.2025
Accepted for publication 27.05.2025