

DOI: 10.15593/24111678/2017.01.04

УДК 625.7/.8

М.О. Карпушко, А.О. Туркова

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СНЕГА НА ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПОД УПЛОТНЕННЫМ СНЕЖНЫМ ПОКРОВОМ

Рассмотрена технология содержания автомобильных дорог (АД) с уплотненным снежным покровом в зимний период года, который является самым сложным для эксплуатации АД и организации движения. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что способ зимнего содержания под уплотненным снежным покровом удовлетворяет требованиям транспортно-эксплуатационного состояния и потребительским свойствам автомобильных дорог, безопасности дорожного движения. Наиболее благоприятные условия применения уплотненного снежного покрова возникают на автомобильных дорогах в регионах России с продолжительным зимним периодом.

Наиболее важными физическими свойствами снега, оказывающими непосредственное влияние на процесс зимнего содержания, являются твердость и влажность, плотность в зависимости от формы снежинок, силы ветра при его выпадении. На протяжении зимы снежный покров непрерывно уплотняется. В течение каждого месяца его плотность увеличивается в среднем на 10–12 %. В сечении снежный покров состоит обычно из слоев, плотность которых возрастает с глубиной. Плотность, в свою очередь, определяет многие другие характеристики снежного покрова.

Для определения таких характеристик снежного покрова, как плотность снега и высота, совместно с Пермским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды была проведена маршрутная снегомерная съемка. Данный вид съемки производится регулярно в течение сезона в установленные календарные сроки, после образования устойчивого снежного покрова.

Наблюдения за снежным покровом осуществляются с целью получения информации о пространственном распределении снежного покрова, динамике его накопления и продолжительности залегаания, условиях таяния и количестве образующейся весной талой снеговой воды. Их основное назначение связано с вопросами первоначального уплотнения снежного покрова и дальнейшего содержания АД. Уплотнение с первых снегопадов дает гарантию устойчивости всего слоя снега, так как при этом создаются необходимые физико-механические свойства уплотненного снежного покрова и ровности покрытия.

Ключевые слова: автомобильная дорога, зимнее содержание, уплотненный снежный покров, климатические условия, плотность снега, высота снежного покрова.

М.О. Karpushko, A.O. Turkova

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

IMPACT OF CLIMATIC CONDITIONS AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF SNOW DURING WINTER MAINTENANCE OF AUTOMOBILE ROADS UNDER PACKED SNOW

In article the technology of winter maintenance of automobile roads under packed snow cover is considered. Winter season is the most difficult for the maintenance of roads and traffic. Domestic and foreign experience shows that the way of organizing the winter maintenance under packed snow meets

the requirements of transport and operating conditions and consumer characteristics of roads, road safety. The most favorable conditions for the use of packed snow arise on the automobile roads in the regions of Russia with long winter period.

The most important physical properties of snow, which have a direct impact on the winter maintenance, are its hardness and moisture content, density, depending on the shape of snowflakes falling, depending on the wind strength at its loss. During winter period snow is continuously compacted, for each month its density increases by an average of 10–12 %. The snow section usually consists of layers, the depth of which increases with density. The density, in turn determines many other characteristics of the snow cover.

In order to determine characteristics such as snow cover density and height, together with Perm Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring route snow survey was conducted. Route snow surveys are produced on a regular basis throughout the season within the calendar timeline, after the formation of a stable snow cover.

Observations of snow cover are made in order to obtain information about the spatial distribution of snow cover, dynamics of accumulation and duration of occurrence, on the conditions and the amount of melting in the spring snow melt water. The main purpose of observation data related to the issues of the initial compaction of the snow cover and further content. Consolidation with the first snowfall guarantees stability in all snow layer, as this creates necessary physical and mechanical properties of compacted snow and evenness of coverage.

Keywords: automobile road, winter maintenance, packed snow cover, weather conditions, snow density, snow cover height.

Зимний период года является самым сложным для эксплуатации автомобильных дорог и организации движения [1]. Его продолжительность составляет от 20 суток в южных районах до 260 суток в северных районах России. Зимние условия сопровождаются короткой светлой частью суток, низкой температурой воздуха, снегопадами и метелями. Характерной особенностью данного периода является образование на дорожной поверхности отложений снега и льда, в результате чего происходит резкое изменение условий взаимодействия автомобиля с дорогой [2].

В этих условиях ухудшается безопасность дорожного движения, увеличивается количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), снижается скорость автомобильного транспорта, что приводит к резкому уменьшению пропускной способности автомобильных дорог и увеличению себестоимости перевозок (ОДМ 218.8.002–2010 «Методические рекомендации по зимнему содержанию автомобильных дорог с использованием специализированной гидрометеорологической информации (для опытного применения)», рекомендованы к применению Распоряжением Росавтодора от 14.04.2010 г. № 296-р).

По данным Госавтоинспекции Российской Федерации, около 20 % аварий происходит по причине неблагоприятных дорожных условий, из них более 70 % (15 % от общего числа ДТП) приходится на заснеженные дорожные покрытия, 5 % – на дорожные покрытия, частично покрытые снегом или льдом, и 1 % – на покрытия, которые по другим причинам были скользкими [3].

Для обеспечения бесперебойного и безопасного движения автомобилей в зимний период необходимо выполнить целый комплекс мероприятий по зимнему содержанию: защиту дорог от снежных заносов и лавин, очистку от свежевыпавшего снега, борьбу с наледями и зимней скользкостью. Система мероприятий по зимнему содержанию дорог строится на принципах оптимальности и целесообразности и должна обеспечивать самые хорошие условия для движения автомобилей при максимальной эффективности проведения работ и, как следствие, снижении расходов.

В настоящее время для решения данных задач используют способ зимнего содержания, который широко применяется в Скандинавских странах, – содержание автомобильных дорог под уплотненным снежным покровом. Федеральное дорожное агентство (Росавтодор) неоднократно изучало опыт Финляндии, где разрешается эксплуатация автомобильных дорог под накатом при интенсивности движения менее 3000 автомобилей в сутки.

В России эксперимент по содержанию под уплотненным снежным покровом провели в Забайкальском крае на участках федеральных автомобильных дорог «Байкал» (Чита – Иркутск) и «Амур» (Чита – Хабаровск). Для эксперимента были выбраны участки дорог общей протяженностью 198 км в Могочинском и Хилокском районах. На трассе «Байкал» в эксперимент попал участок с 831 по 867-й км, на трассе «Амур» – с 580 по 742-й км. Их подбирали по невысокой интенсивности движения и обилию осадков. Ранее подобный эксперимент проводили в Карелии. Благодаря этому методу экономия средств составила до 40 % [4].

Уплотненный снежный покров (УСП) – это специальный слой, устраиваемый на дорожном покрытии из снега, способный обеспечивать непрерывное и безопасное дорожное движение автомобильного транспорта с установленными скоростями в зимний период.

Содержание автомобильных дорог с уплотненным снежным покровом, как правило, проводят в регионах, где число дней со снежным покровом достаточное для его формирования. Пермский край относится к территории России со значительной продолжительностью УСП.

Снежный покров устанавливается в конце октября – начале ноября и держится в среднем 170–190 дней в году. Его высота в марте изменяется от 60 до 90 см. Средняя высота снежного покрова на территории края составляет 37 см. Наибольшая средняя высота наблюдается

в Вае (54 см) и Бисере (50 см). Наименьшие высоты снежного покрова фиксируются в западной половине края, а также в северной и южной частях (27–30 см). Изменчивость высоты по территории края составляет 6–16 см [5].

Климатические условия г. Перми определяются влиянием западного переноса воздушных масс. Значительное воздействие оказывают особенности рельефа (Уральские горы): на востоке и северо-востоке Пермского края среднегодовые температуры воздуха несколько ниже, чем на той же широте на западе территории, где выпадает значительно больше осадков (ТСН 23-301-04/8 «Строительная климатология Пермской области»). Количество выпадающих твердых атмосферных осадков составляет 48 мм/100 м на севере края, 82 мм/100 м – на западе. Средний градиент изменения количества осадков равен 71 мм/100 м [6]. Среднегодовое количество осадков составляет 519 мм, в том числе за теплый период (апрель – октябрь) – 382 мм, что составляет 74 % годовой нормы, и за холодный период (ноябрь – март) – 137 мм (26 %).

По данным архива погоды на метеостанции Большое Савино (аэропорт) были проанализированы данные по температуре, влажности воздуха и атмосферным осадкам за 2015–2016 гг. [7]. По полученным сведениям были построены графики средних значений температуры (рис. 1), влажности (рис. 2) и осадков (рис. 3) за период с октября по апрель. Исходя их графиков можно сделать вывод, что формировать уплотненный снежный покров на автомобильных дорогах на территории Пермского края можно начинать в ноябре.

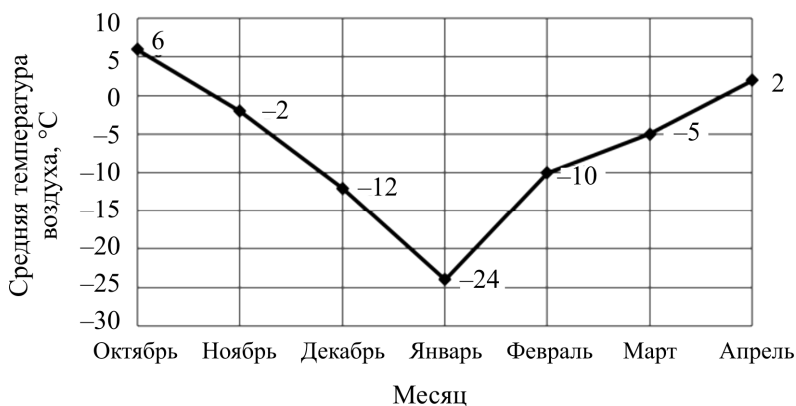


Рис. 1. Средняя температура воздуха за 2015–2016 гг.

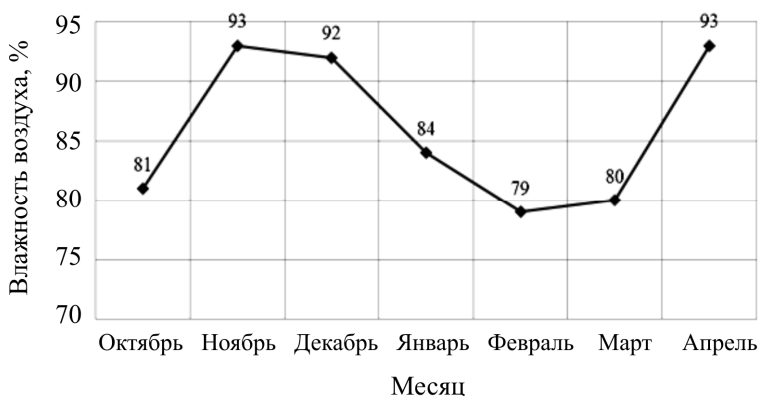


Рис. 2. Средняя влажность воздуха за 2015–2016 гг.

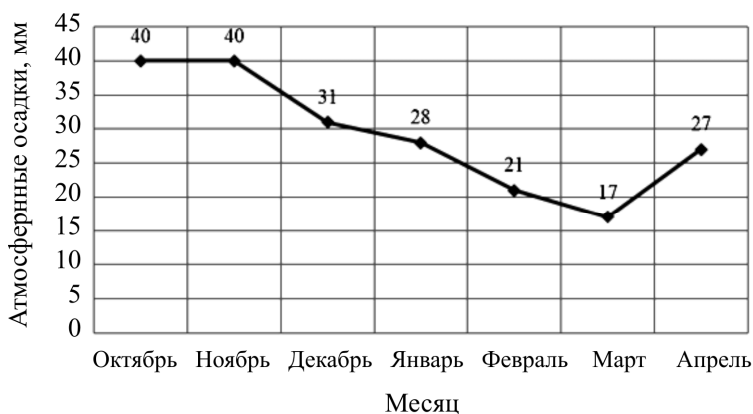


Рис. 3. Средние атмосферные осадки за 2015–2016 гг.

Обязательным условием начала формирования уплотненного снежного слоя на автомобильных дорогах является выпадение продолжительных и/или интенсивных осадков в виде снега в количестве, необходимом для достижения допустимого уплотненного снежного слоя. Нарращивание этого слоя производится при последующих снегопадах.

Наиболее важными физическими свойствами снега, оказывающими непосредственное влияние на процесс зимнего содержания, являются твердость, влажность, плотность в зависимости от формы выпадающих снежинок, силы ветра при его выпадении. На протяжении зимы снежный покров непрерывно уплотняется, в течение каждого месяца его плотность увеличивается в среднем на 10–12 %. В сечении снежный покров состоит обычно из слоев, плотность которых возрастает с глубиной. Плотность, в свою очередь, определяет многие другие характеристики снежного покрова.

Для определения плотности и высоты снежного покрова совместно с Пермским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) 10.11.2016 г. была проведена маршрутная снегомерная съемка. Маршрутные снегомерные съемки производятся регулярно в течение сезона в установленные календарные сроки после образования устойчивого снежного покрова.

Для производства снегомерной съемки были выбраны и закреплены на местности следующие маршруты:

- на открытом участке (поле) длиной 2 км;
- в лесу под кронами деревьев длиной 0,5 км.

Выбор маршрутов осуществлялся специалистами ЦГМС совместно с работниками станции пост М.С. Пермь. Каждый маршрут закреплялся на местности вехами, метками (краской или ленточками) на деревьях, кустарниках и т.п. После этого составлялись описание маршрута и план окрестности в радиусе 5 км от станции с указанием маршрута.

Во время снегосъемок высота снежного покрова измерялась на полевом маршруте длиной 2000 м в 100 точках, на полевом маршруте длиной 1000 м и на лесном маршруте в 50 точках. Для определения запаса воды в снежном покрове на полевом маршруте в 10 точках, а на лесном маршруте в 5 точках производилось измерение плотности снега, толщины слоя снега, насыщенного водой, и слоя талой воды, толщины притертой ледяной корки.

Основными инструментами для производства наблюдений за снежным покровом во время маршрутной снегосъемки были переносная снегомерная рейка и весовой снегомер.

Переносные снегомерные рейки применяются для измерения толщины снежного покрова. Деревянная переносная снегомерная рейка представляет собой гладко оструганный прямой брусок длиной 150–180 см, шириной 4 см и толщиной 2 см, изготовленный из сухого дерева (рис. 4). Нижний край рейки для усиления ее прочности должен быть снабжен металлическим наконечником. На лицевой стороне рейки нанесена шкала в сантиметрах, нуль которой совпадает с нижним ребром наконечника. Деления шкалы, кратные пяти и десяти, наносятся длинными штрихами, при этом деления, кратные десяти, обозначаются цифрами [8].

При измерении толщины снежного покрова переносная рейка погружается в снег строго вертикально до поверхности почвы. При этом она должна касаться поверхности почвы, но не входить в землю острым концом.



Рис. 4. Определение высоты снежного покрова с помощью деревянной снегомерной рейки

Весовой снегомер ВС-43 предназначен для определения плотности снега и запаса воды в снежном покрове (рис. 5). Проверив нуль весов, цилиндр весового снегомера, слегка надавливая, отвесно погружают в снег остро отточенным краем вниз. По шкале цилиндра отсчитывают толщину снега с точностью до 1 см, отгребают лопаточкой снег с одной стороны цилиндра и подводят лопатку под его нижний край. Подняв цилиндр вместе с лопаточкой, переворачивают его нижним краем вверх



Рис. 5. Определения плотности снега и запаса воды в снежном покрове с помощью весового снегомера ВС-43

и очищают наружную поверхность цилиндра от снега, подтягивая подвижное кольцо с дужкой вверх. После этого берут пробу снега взвешивают. Для этого цилиндр подвешивают к весам и приводят их в равновесие, после чего, держа весы на уровне глаза, снимают отсчет по линейке весов. Отсчет записывается в соответствующую графу полевого дневника в виде количества малых делений шкалы линейки весов от нуля до черты на скошенном крае прореза передвигающегося груза.

Запись результатов снегосъемки производилась в книжку КМ-5 непосредственно на маршруте [9]. Отсчеты высоты снежного покрова записывались в порядке последовательности измерений с точностью до 1 см (табл. 1). Результаты измерений по весовому снегомеру записывались для каждой точки определения плотности снежного покрова в графы «Отсчет по шкале цилиндра, h » и «Отсчет по линейке весов, m » (табл. 2).

Таблица 1
Высота снежного покрова, см

Номер точки измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Сумма
00	20	20	19	19	15	21	19	18	17	18	186
10	19	20	19	20	20	21	21	19	20	19	198
20	20	20	21	21	20	19	21	20	22	21	205
30	20	20	21	19	20	17	19	17	21	20	194
40	21	21	21	19	19	19	20	19	19	20	198
50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
70	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
80	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сумма	100	101	101	98	94	97	100	93	99	98	981

Таблица 2
Запас воды в снежном покрове, мм

Отсчет по шкале цилиндра h	Отсчет по линейке весов m	Плотность $m/10h$	Толщина			Состояние поверхности почвы	Отметка о наличии снежной корки на поверхности и внутри покрова
			ледовой корки на поверхности почвы, мм	слоя снега, насыщен. водой, см	слоя талой (чистой) воды, см		
1	2	3	4	5	6	7	8
20	23	0,12	–	–	–	–	–
19	23	0,12	–	–	–	–	–
19	17	0,09	–	–	–	–	–
17	13	0,08	–	–	–	–	–
20	20	0,10	Нет	Нет	Нет	Талая	Нет
20	20	0,10	–	–	–	–	–

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
21	19	0,09	–	–	–	–	–
20	21	0,11	–	–	–	–	–
20	18	0,09	–	–	–	–	–
20	15	0,08	–	–	–	–	–
Сумма	–	0,98	–	–	–	–	–
Среднее	–	0,1	–	–	–	–	–

В ходе обработки результатов маршрутных снегосъемок были вычислены следующие показатели:

- средняя толщина снежного покрова без ледяной корки (h_c) – 20 см;
- средняя толщина снежного покрова с учетом средней толщины ледяной корки (h): наибольшая – 22 см; наименьшая – 15 см;
- степень покрытия маршрута снегом (L_m , в баллах) – 10/10;
- степень покрытия маршрута ледяной коркой (L_k) – нет.

При определении структуры снега различают снег свежий (пылевидный, пушистый, липкий); старый (рассыпчатый, плотный, влажный); наст (снежная корка, под настом снег плотный или влажный). Кроме этого, отмечается снег, насыщенный водой.

Структура снега на выбранном маршруте:

- характер залегания снежного покрова – равномерный снеговой покров на оттаявшей почве;
- характер состояния снега – свежий, пушистый.

Полученные в результате снегомерной съемки данные могут быть использованы в вопросах первоначального уплотнения снежного покрова и дальнейшего содержания. Уплотнение с первых снегопадов дает гарантию устойчивости всего слоя снега, так как при этом создаются необходимые физико-механические свойства УСП и ровности покрытия. Образующийся хорошо укатанный плотный поверхностный слой при эксплуатации не подвергается деформациям и быстрому износу, когда его плотность достигает 0,5–0,55 г/см³. В процессе эксплуатации автомобильных дорог с УСП наиболее распространенными деформациями являются колеиность, волна (гребенка), отдельные просадки или выбоины и повышенная скользкость дорожного покрытия, вызываемая временным потеплением, выпадением осадков в виде мокрого снега и под действием колес автотранспорта [10].

Таким образом, в результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время ГИБДД и Росавтодор рассматривают возможность изменения мер по уходу за дорогами в зимний период

с небольшой интенсивностью дорожного движения (не более 400 автомобилей за сутки), однако в действующих нормативных документах отсутствуют требования к зимнему содержанию автомобильных дорог под уплотненным снежным покровом.

2. При производстве работ по содержанию дорог в зимний период важно учитывать региональные условия. Существующие нормы и правила зимнего содержания разработаны на основе материалов, полученных в европейской части страны, и не учитывают конкретных условий Перми и Пермского края. В связи с этим возникает потребность в разработке территориальных норм по эксплуатации дорог под уплотненным снежным покровом в зимний период с учетом природно-климатических особенностей края.

3. Формирование уплотненного снежного покрова на автомобильной дороге будет зависеть от физико-механических свойств снега и снегольда.

4. Необходимо качественно оценить процессы, сопровождающие формирование уплотненного снежного покрова на проезжей части автомобильных дорог, и вырабатывать мероприятия по повышению их транспортно-эксплуатационного состояния.

Список литературы

1. Леонович И.И., Богданович С.В., Жилинский В.И. Прогнозирование зимней скользкости автомобильных дорог // Вестник Белорус. нац. техн. ун-та. – 2007. – № 1. – С. 50–55.

2. Росавтодор [Электронный ресурс]. – URL: <http://rosavtodor.ru> (дата обращения: 09.02.2017).

3. Молев Ю.И. Обеспечение дорожной безопасности автомобильного транспорта в зимний период: дис. ... д-ра техн. наук. – Владимир, 2007. – 376 с.

4. Эксперимент по утрамбовыванию снега на дорогах проведут в Забайкальском крае [Электронный ресурс]. – URL: <http://gazetarb.ru/news/section-society/detail-298451> (дата обращения: 09.02.2017).

5. Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Статистические характеристики устойчивого снежного покрова в Пермском крае [Электронный ресурс] // Географический вестник. – 2010. – № 4. – URL: http://geo-vestnik.psu.ru/files/vest/231_sklqev.pdf (дата обращения: 01.02.2017).

6. Береснева Н.А., Данилова Л.И. Влияние возвышенностей равнины на осадки и влагооборот // Труды ГГО. – 1954. – Вып. 45. – С. 44–54.

7. Погода в Перми [Электронный ресурс]. – URL: <http://rp5.ru> (дата обращения: 01.02.2017).

8. Быков Н.И., Попов Е.С. Наблюдения за динамикой снежного покрова в ООПТ Алтае-Саянского экорегиона: метод. рук-во. – Красноярск, 2011. – 64 с.

9. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3, ч. I. Метеорологические наблюдения на станциях. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 301 с.

10. Юшков Б.С., Сергеев А.С., Туркова А.О. Применение новых технологий при зимнем содержании дорог // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. по материалам Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Воронеж, 9–12 ноября 2015 г. / Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г.Ф. Морозова. – Воронеж, 2015. – С. 119–122.

References

1. Leonovich I.I. Prognozirovanie zimnei skol'zskosti avtomobil'nykh dorog [Prediction of winter slipperiness of roads]. Eds. I.I. Leonovich, S.V. Bogdanovich, V.I. Zhilinskii. *Vestnik Belorusskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta*, 2007, no. 1, pp. 50-55.

2. Rosavtodor [Federal Road Agency of Russian Federation], available at: <http://rosavtodor.ru/> (assessed: 09 February 2017).

3. Molev Iu.I. Obespechenie dorozhnoi bezopasnosti avtomobil'nogo transporta v zimnii period [Ensuring of road transport safety during winter period]. Doctor's degree dissertation. Vladimir, 2007, 376 p.

4. Eksperiment po utrambovyvaniuu snega na dorogakh provedut v Zabaikal'skom krae [Experiment on the compaction of snow on roads will be hold in Zabaykalsky Krai], available at: <http://gazetarb.ru/news/section-society/detail-298451> (assessed: 09 February 2017).

5. Shklyayev V.A., Shklyayeva L.S. Statisticheskie kharakteristiki ustoichivogo snezhnogo pokrova v Permskom krae [Statistical characteristics of snow cover in the Perm region]. *Geograficheskii vestnik*, 2010, no. 4, available at: http://geo-vestnik.psu.ru/files/vest/231_sklqev.pdf (assessed: 01 February 2017).

6. Beresneva N.A., Danilova L.I. Vliianie vozvyshennostei ravniny na osadki i vlogooborot [The influence of hills on plains precipitation and the hydrologic cycle]. *Trudy Glavnoi geofizicheskoi observatorii*, 1954, iss. 45, pp. 44-54.

7. Pogoda v Permi [Weather in Perm], available at: <http://rp5.ru> (assessed: 01 February 2017).

8. Bykov N.I., Popov E.S. Nabludeniia za dinamiko snezhnogo pokrova v OOPT Altae-Saianskogo ekoregiona [Monitoring snow cover dynamics in protected areas of the Altai-Sayan Ecoregion]. Krasnoiarsk, 2011, 64 p.

9. Nastavlenie gidrometeorologicheskimi stantsiiami i postami. Issue 3, Part I. Meteorologicheskie nabludeniia na stantsiiakh [Manual for hydrometeorological stations and posts]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985, 301 p.

10. Iushkov B.S., Sergeev A.S., Turkova A.O. Primenenie novykh tekhnologii pri zimnem soderzhanii dorog [The use of new technologies in the winter maintenance of roads]. Aktual'nye napravleniia nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriia i praktika: Proceedings of International Conference "Molodezhnyi forum: tekhnicheskie i matematicheskie nauki", Voronezh, 9-12 November. 2015, no. 8, part 3 (19-3). Voronezh: Voronezhskii gosudarstvennyi lesotekhnicheskii universitet imeni G. F. Morozova, 2015, pp. 119-122.

Получено 16.02.2017

Об авторах

Карпушко Марина Олеговна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: mkarpushko@gmail.com).

Туркова Анна Олеговна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: turkova_92@mail.ru).

About the authors

Marina O. Karpushko (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Motor Roads and Bridges Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: mkarpushko@gmail.com).

Anna O. Turkova (Perm, Russian Federation) – Master Student, Motor Roads and Bridges Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: turkova_92@mail.ru).