Роль распутицы в формировании поверхностного стока наносов на урбанизированной территории

Александр Федорович ТЕТЕРИН*,
Анриан Анатольевич СЕЛЕЗНЕВ**

Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Аннотация

Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения процессов современного седиментогенеза на урбанизированной территории, которые снижают качество городской среды и оказывают негативное влияние на экологическую ситуацию.

Цель работы: охарактеризовать условия и роль осенней, весенней и летней распутицы и провести анализ ее метеорологических условий при формировании поверхностного стока наносов на примере территории г. Екатеринбурга.

Методология проведения работы. Анализировались метеорологические данные за период с осени 2005 г. до лета 2019 г., для распутицы определялись начало, окончание и продолжительность, термический режим приземного воздуха, атмосферные осадки, данные о состоянии поверхности почвы. Для летнего и осеннего периодов распутицы рассчитывали суточный поверхностный сток, суммарный (накопленный) поверхностный сток.

Результаты и область их применения. Наблюдается изменение режима распутицы по сравнению с результатами многолетних наблюдений. В весеннюю и осеннюю распутицу происходит максимальное переувлажнение почв и грунтов, образуется максимальное количество грязи в г. Екатеринбурге. Полученные результаты могут использоваться при планировании мероприятий для улучшения экологического состояния на урбанизированной территории.

Выводы. Потепление климата зимой и весной привело к изменению режима распутицы. Весенняя распутица начинается раньше относительно средних дат начала. Продолжительность осенней распутицы увеличилась на месяц, она стала начинаться раньше и заканчиваться позднее. Избыток атмосферных осадков и низкая температура воздуха увеличивают период распутицы. В летнюю распутицу понижается температура воздуха и увеличивается количество атмосферных осадков. Для начала и середины весенней, конца осенней распутицы для состояния поверхностей почв и грунтов характерен снежный покров и мокрый снег. В конце весенней и в начале осенней распутицы преобладает влажное состояние поверхности почвы. В весеннюю распутицу переувлажнение почвы отмечалось чаще, чем в осеннюю. Для распутицы характерно переувлажнение почв и грунтов.

Ключевые слова: урбанизированная среда, распутица, метеорологические условия, влагонасыщение почвы, седиментогенез, поверхностный сток, климатические характеристики, временные ряды, состояние поверхности почвы.

Введение

В умеренных широтах существует такое природное явление, как распутица. Осенняя распутица возникает в результате обложных дождей, весенняя – в результате таяния снега, летняя – при избытке атмосферных осадков с понижением температуры. Распутица сказывается на ведении хозяйственной деятельности, усиливается эрозия грунтов, увеличивается износ дорожных покрытий [1–5]. В городах из-за изменения термического режима приземной атмосферы, атмосферных осадков изменяется поверхностный сток и более интенсивно протекают процессы современного седиментогенеза с образованием поверхностных наносов (иными словами, грязевого осадка) [6, 7]. Отложение наносов из твердых частиц минерального и антропогенного происхождения на дорогах, проездах,

тротуарах, газонах и других поверхностях в распутицу приводит к коммунальным проблемам, снижает качество и ухудшает восприятие городской среды [8–13]. Наносы представляют собой неточечный источник загрязнения атмосферы и водоемов твердым взвешенным веществом и поллютантами, способствуют заилению ливневой канализации, уплотнению почв [14].

По качественным экспертным оценкам, осенняя распутица может рассматриваться как период, в который происходит значительное по сравнению с остальными сезонами образование поверхностных наносов на урбанизированной территории. Затем снежный покров «консервирует» поверхностный осадок, который в виде снего-грязевой пульпы складывается в кучи вдоль дорог и при

*taf@ecko.uran.ru
**sandrian@rambler.ru

нарушении регламентов уборки территорий лежит в течение всего холодного периода до весны [6]. Снеготаяние в весеннюю распутицу за короткий период времени высвобождает накопленный за зиму осадочный материал, а погодные факторы весной являются определяющими при формировании поверхностного стока, который приводит к переувлажнению почв и эрозии грунтов без покрытия [7]. Целью настоящего исследования является анализ метеорологических условий осенней, весенней и летней распутицы при формировании поверхностного стока наносов на урбанизированной территории. Исследование проведено на примере г. Екатеринбурга, рассматривается период с осени 2005 г. до лета 2019 г.

Материалы и методы

Екатеринбург – четвертый по численности населения город России, расположен в глубине Евразии, на стыке восточных предгорий Среднего Урала и Зауральской складчатой возвышенности, в таежной зоне. Екатеринбург находится в умеренном климатическом поясе, где хорошо выражены четыре климатических сезона [15–19]. В среднем за год в городе выпадает 497 мм осадков, среднее максимальное суточное количество составляет 36 мм. Максимальное суточное количество осадков в год в 50 мм имеет обеспеченность 20 %, 63 мм – 10 %, 74 мм – 5 %, а 14 июля 1950 г. был зафиксирован суточный максимум 94 мм [19]. Высокое суточное количество осадков летом указывает на возможное существование летней распутицы [19].

Весной начало и окончание распутицы определялись по датам перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С и по максимальной за зиму глубине промерзания грунта [20]. Глубина промерзания рассчитывалась по конкретным метеорологическим величинам отдельно для каждой зимы [21]. Осенью за начало распутицы принималась дата перехода среднесуточной температуры воздуха через +5 °С; в качестве окончания – через 0 °С. Продолжительность весенней и осенней распутицы определялась как разница дат их начала и окончания. Летняя распутица определялась по суточному количеству осадков не менее 40 мм [21, 22]. Исходные данные были взяты из справочника по климату [19]. Значения метеорологических величин взяты для метеостанции Екатеринбурга за период с осени 2005 г. до лета 2019 г. [23].

В рассматриваемых метеорологических данных в период до 2012 г. поверхность почвы в теплый период года после сильных дождей всегда отмечалась как «сухая (без трещин, заметного количества пыли или сыпучего песка)». Поэтому для данных периода 2013–2019 гг. было

предложено определять летнюю распутицу как «сырое с лужами» состояние поверхности почвы [23].

Для летнего и осеннего периодов в пределах территории города по уравнению водного баланса, не учитывая поверхностный и подземный приток воды извне, конденсацию водяного пара и изменение количества воды, рассчитывали суточный поверхностный сток как разность атмосферных осадков, испарения и инфильтрации воды в грунт. Для весны уравнение водного баланса учитывало еще и снеготаяние [24]. Суммарный (накопленный) поверхностный сток воды определяли как сумму суточных поверхностных стоков за конкретный период. Расчет снеготаяния проводили согласно [25]. Так как в городе преобладают открытые площади, коэффициент стока принимали равным 5 мм/(°С × сут). При отрицательных и положительных температурах воздуха испарение определяли по дефициту влажности воздуха [26, 27]. Равновесное давление насыщенных водяных паров определялось по психрометрическим таблицам по температуре воздуха. Фактическое парциальное давление водяных паров рассчитывали по давлению насыщенных водяных паров и относительной влажности воздуха. Средний суточный дефицит влажности воздуха рассчитывали как разность давления насыщенного и парциального давления водяного пара.

Результаты и обсуждение

При средних климатических условиях в Екатеринбурге весенняя распутица продолжается 30 дней – с 8 апреля по 8 мая, осенняя – 20 дней, с 1 по 20 октября [19]. В табл. 1 показаны даты начала, окончания и продолжительность распутицы весной и осенью. Продолжительность весенней распутицы (28 дней, с 1 по 28 апреля) хорошо согласуется с данными из [19], однако средние даты начала и окончания могут быть сдвинуты. Средняя продолжительность осенней распутицы 50 дней (с 25 сентября по 13 ноября), что больше на 30 дней средней продолжительности. Осенняя распутица начинается раньше и заканчивается позже средних дат начала и окончания, например, начало 11 сентября в 2010 г., а самое позднее окончание – 9 декабря 2008 г. Сдвиг дат начала, окончания и продолжительности распутицы весной и осенью может быть связан с потеплением климата в весенний и осенний сезоны [28].

Характеристики метеорологических условий в распутицу весной и осенью показаны в табл. 2. Низкие температуры воздуха способствовали уменьшению испарения воды, дополнительные осадки – увеличению переувлажнения грунтов и удлинению периодов распутицы.

Таблица 1. Даты начала, окончания и продолжительность распутицы весной и осенью в период с осени 2005 г. до лета 2019 г.
Table 1. Dates of the beginning, end and duration of mud period in spring and autumn (in the period from autumn 2005 to summer 2019).

Сезон	Дата начала (число, месяц)			Дата окончания (число, месяц)			Продолжительность, день/год		
	Средняя	Ранняя	Поздняя	Средняя	Ранняя	Поздняя	Средняя	Минимальная	Максимальная
Весна	01.04	21.03	13.04	28.04	19.04	07.05	28	23/2009, 2015	31/2010
Осень	25.09	11.09	08.10	13.11	25.10	09.12	50	20/2016	85/2008

Таблица 2. Метеорологические условия распутицы весной и осенью в период с осени 2005 г. до лета 2019 г.
Table 2. Meteorological conditions of mud period in spring and autumn (in the period from autumn 2005 to summer 2019).

Параметр	Сезон	
	Весна	Осень
<i>За день с распутицей</i>		
Средняя суточная температура воздуха t_a , °C	6,0	2,9
Максимальная средняя суточная температура воздуха t_a , °C/дата	20,2/02.05.2017	18,3/21.09.2010
Минимальная средняя суточная температура воздуха t_a , °C/дата	-3,8/25.04.2014	-13,2/25.10.2014
Средняя суточная сумма осадков ΣPr , мм	2,2	1,6
Максимальная суточная сумма осадков ΣPr , мм/дата	24,0/25.04.2014	36,0/18.10.2014
<i>За весь период распутицы</i>		
Средняя сумма средних суточных температур воздуха t_a , °C	164,2	151,4
Максимальная сумма средних суточных температур воздуха t_a , °C/год	264,7/2012	402,5/2010
Минимальная сумма средних суточных температур воздуха t_a , °C/год	92,7/2018	-5,5/2015
Средняя сумма осадков ΣPr , мм	35,7	54,9
Максимальная сумма осадков ΣPr , мм/год	67,2/2014	99,0/2014
Минимальная сумма осадков ΣPr , мм/год	8,1/2010	3,8/2005

Таблица 3. Распределение повторяемости состояний поверхности почвы в 8 часов при распутице весной и осенью за период 2013–2019 гг.
Table 3. Distribution of frequency of occurrence of soil surface conditions at 8 o'clock during mud period in spring and autumn for the period 2013–2019.

Состояние поверхности почвы	Повторяемость состояний поверхности почвы, %					
	Весна, месяц			Осень, месяц		
	III	IV	V	IX	X	XI
Сухое	–	0,6	7,7	21,1	0,6	–
Влажное	–	41,3	76,9	73,6	44,0	17,7
Сырое с лужами	–	–	15,4	5,3	2,9	3,2
Замерзшее	–	0,6	–	–	12,0	4,8
Снежный покров или мокрый снег	100,0	57,5	–	–	40,5	74,3

За период с осени 2005 г. до лета 2019 г. значимых линейных трендов в изменениях дат начала и окончания весенней и осенней распутицы и ее продолжительности не обнаружено. В многолетнем режиме периодов распутицы могут наблюдаться сложные периодические колебания. Коэффициенты корреляции Спирмена дат начала, окончания и продолжительности распутицы с различными метеорологическими параметрами показали ряд особенностей, характерных для периодов распутицы. Так, для начала и окончания весенней распутицы характерно преобладание отрицательных температур воздуха в апреле и марте по сравнению со средними значениями (статистически значимые при $p < 0,05$ коэффициенты корреляции составили -0,42 и -0,31 соответственно). В марте для более продолжительных периодов распутицы характерны более низкие средние месячные температуры воздуха по сравнению со средними значениями (статистически значимый при $p < 0,05$ коэффициент корреляции -0,49). Для даты окончания осенней распутицы характерны более высокие температуры воздуха ноября по сравнению со

средними значениями (статистически значимый коэффициент корреляции при $p < 0,05$ составил 0,75), то же касается и продолжительности осенней распутицы.

Распределение повторяемости состояний поверхности почвы в распутицу весной и осенью в 2013–2019 гг. показано в табл. 3. Весенняя распутица в марте характеризуется снежным покровом или мокрым снегом, в апреле в основном характеризуется снежным покровом или мокрым снегом и влажным состоянием. В мае преобладает влажное состояние. При осенней распутице влажное состояние поверхности почвы сменяется замерзшим и затем снежным покровом или мокрым снегом. Во время весенней распутицы за 2013–2019 гг. было выявлено всего 3 случая переувлажнения поверхности почвы (сырое с лужами состояние поверхности почвы). При этом за рассматриваемый период в двух случаях величины испарения и инфильтрации превышали осадки, что соответствует отрицательному суточному поверхностному стоку (табл. 4).

Накопленный за холодный период года запас воды весной расходуется на снеготаяние, которое является

Таблица 4. Метеорологические условия весенней распутицы, определенные по сырому с лужами состоянию поверхности почвы в Екатеринбурге за период 2013–2019 гг.

Table 4. Meteorological conditions of spring mud period determined from the wet, puddled state of the soil surface in Ekaterinburg for the period 2013–2019.

Параметр	Месяц	
	IV	V
Дата	21.04.2015	04.05.2014
Средняя суточная температура воздуха t_a , °C	6,1	5,8
Суточная сумма осадков ΣPr , мм	6	12
Суточный поверхностный сток, мм	–1	5,9
Дата		04.05.2017
Средняя суточная температура воздуха t_a , °C	–	10,3
Суточная сумма осадков ΣPr , мм		2
Суточный поверхностный сток, мм		–5,9

Таблица 5. Запас воды, накопленный в снежном покрове за холодный период и в снежном покрове к началу весенней распутицы в Екатеринбурге.

Table 5. Water reserve accumulated in the snow cover during the cold period and in the snow cover by the beginning of the spring mud period in Ekaterinburg.

Запас воды	Накопленный в снежном покрове за холодный период, мм	Накопленный в снежном покрове к началу весенней распутицы, мм
Средний	94,7	86,3
Максимальный в год	138,9/2013	143,5/2013
Минимальный в год	24,3/2015	24,3/2015

Таблица 6. Даты начала, окончания и продолжительность поверхностного стока при снеготаянии весной в Екатеринбурге.

Table 6. Dates of the beginning, end and duration of surface discharge during snowmelt in spring in Ekaterinburg.

Дата начала поверхностного стока			Дата окончания поверхностного стока		
Средняя	Минимальная	Максимальная	Средняя	Минимальная	Максимальная
01.04	21.03.2019	13.04.2014	6.04	29.03.2009	16.04.2014
Продолжительность поверхностного стока, дни					
Средняя		Минимальная, год	Максимальная, год		
6		2, 2009, 2015	10, 2019		

основной причиной поверхностного стока, вызывающего образование водно-грязевой смеси на урбанизированной территории. Величина запаса воды, накопленного в снежном покрове за холодный период и в снежном покрове к началу весенней распутицы, показана в табл. 5. К началу весенней распутицы этот запас воды уменьшается. Весной начало поверхностного стока совпадало с началом распутицы (1 апреля), но заканчивался он раньше – в среднем 6 апреля. Таким образом, продолжительность периода максимального образования поверхностных наносов, связанного с весенним снеготаянием, составляла в среднем 6 дней (табл. 1, 6).

Во время осенней распутицы за 2013–2019 гг. было выявлено 6 случаев переувлажнения поверхности почвы (сырое с лужами состояние поверхности почвы), при

этом отрицательный сток (превышение испарения и инфильтрации над осадками) наблюдался в четырех случаях (табл. 7).

За период 2005–2012 гг. было обнаружено шесть случаев распутицы, их метеорологические условия приведены в табл. 8. Почти везде в летнюю распутицу поверхность почвы была сухой, что объясняется плохим качеством данных, так как поверхность почвы в летнюю распутицу должна быть переувлажненной, сырой с лужами или влажной. В половине случаев летней распутицы температура воздуха была ниже месячной нормы [19].

За летние периоды 2013–2019 гг. по сырому с лужами состоянию поверхности почвы было выявлено 30 дней с распутицей; метеорологические условия показаны в табл. 9. Метеорологические условия периодов рас-

Таблица 7. Метеорологические условия осенней распутицы, определенной по сырому с лужами состоянию поверхности почвы в Екатеринбурге за период 2013–2019 гг.**Table 7. Meteorological conditions of autumn mud period determined from the wet, puddled state of the soil surface in Ekaterinburg for the period 2013–2019.**

Параметр	Месяц	
	X	XI
Дата	4.10.2014	1.11.2013
Средняя суточная температура воздуха t_a , °C	2,0	3,5
Суточная сумма осадков ΣPr , мм	3	14
Суточный поверхностный сток, мм	–2,6	8,4
Дата	4.10.2015	5.11.2013
Средняя суточная температура воздуха t_a , °C	3,1	5,7
Суточная сумма осадков ΣPr , мм	2	5
Суточный поверхностный сток, мм	–4	–0,5
Дата	6.10.2018	
Средняя суточная температура воздуха t_a , °C	6,0	–
Суточная сумма осадков ΣPr , мм	19	
Суточный поверхностный сток, мм	13,3	
Дата	18.10.2018	
Средняя суточная температура воздуха t_a , °C	2,3	–
Суточная сумма осадков ΣPr , мм	0,9	
Суточный поверхностный сток, мм	–5	

Таблица 8. Метеорологические условия летней распутицы за период с осени 2005 г. до лета 2012 г.**Table 8. Meteorological conditions of summer mud period (for the period from autumn 2005 to summer 2012).**

Условия распутицы	Месяц		
	VI	VII	VIII
Дата	07.06.2005	18.07.2007	06.08.2005
Суточная сумма осадков ΣPr , мм	41	69	39
Состояние поверхности почвы в 8 и 20 часов	Почва сухая	Почва сухая	Почва сухая
Средняя суточная температура воздуха t_a , °C	12,9	18,9	17,0
Дата		13.07.2010	06.08.2009
Суточная сумма осадков ΣPr , мм	–	41	44
Состояние поверхности почвы в 8 и 20 часов	–	Почва сухая	Почва сухая
Средняя суточная температура воздуха t_a , °C	–	15,9	13,7
Дата		21.07.2019	
Суточная сумма осадков ΣPr , мм	–	68	–
Состояние поверхности почвы в 8 часов	–	Почва влажная	–
Средняя суточная температура воздуха t_a , °C	–	19,2	–

путицы варьировались в довольно широких пределах. Большая часть летней распутицы приходилось на июль и имела отрицательные аномалии средней суточной температуры воздуха [19]. В среднем за сутки с летней распутицей выпадало осадков в июне больше, чем в июле и августе. По результатам анализа метеорологических параметров избыточное количество осадков, формирующее распутицу летом, связано с тем, что в предыдущие сутки шли дожди, а состояние поверхности почвы было влажным. Осадки доводили состояние поверхности почвы до сырого и так же, как весной и осенью, удлинляли период распутицы.

Заключение

По результатам анализа метеорологических данных за период с осени 2005 г. до лета 2019 г. наблюдается изменение режима распутицы по сравнению с результатами многолетних наблюдений. Весенняя распутица стала начинаться раньше. Продолжительность осенней распутицы увеличилась на месяц, она стала начинаться раньше и заканчиваться позднее. Показано, что для периодов весенней, осенней и летней распутицы характерны более низкие температуры по сравнению с многолетними средними значениями. Избыток атмосферных осадков и низкая температура воздуха способствуют увеличению

Таблица 9. Метеорологические условия летней распутицы, определенной по сырому с лужами состоянию поверхности почвы за 2013–2019 гг.

Table 9. Meteorological conditions of summer mud period determined from the wet, puddled state of the soil surface for 2013–2019.

Условия распутицы	Месяц		
	VI	VII	VIII
Средняя суточная температура воздуха t_a , °C	14,3	15,2	16,6
Максимальная температура воздуха t_a , °C/дата	18,3/14.06.2014	19,4/12.07.2015	22,4/17.08.2014
Минимальная температура воздуха t_a , °C/дата	10,9/07.06.2013	9,6/21.07.2014	8,3/23.08.2015
Средняя суточная сумма осадков ΣPr , мм	15,8	14,5	13,6
Максимальная сумма осадков ΣPr , мм/дата	24,0/12.06.2014	28,0/07.07.2017	29,0/23.08.2015
Минимальная сумма осадков ΣPr , мм/дата	4,0/14.06.2014	3,5/28.07.2016	2,8/22.08.2014
Средний суточный поверхностный сток, мм	9,4	8,1	7,0
Максимальный суточный поверхностный сток, мм/дата	18,3/12.06.2014	22,1/07.07.2017	22,5/23.08.2015
Минимальный суточный поверхностный сток, мм/дата	–2,1/14.06.2014	–3,5/28.07.2016	–3,6/22.08.2014
<i>В отдельные периоды распутицы</i>			
Даты	11–15.06.2014	21–23.07.2014	17–18.08.2014
Продолжительность, дни	5	3	2
Диапазон средних суточных температур воздуха t_a , °C	+11,7–+18,3	+9,6–+14,1	+21,6–+22,4
Средняя суточная температура воздуха t_a за период, °C	+14,6	+12,2	+21,9
Диапазон суточных сумм осадков ΣPr , мм	4–24	12–21	13–20
Сумма осадков ΣPr за период, мм	71,3	46	33
Поверхностный сток за период, мм	41,0	27,6	19,2
Даты		11–12.07.2015	
Продолжительность, дни		2	
Диапазон средних суточных температур воздуха t_a , °C		+17,3–+19,4	
Средняя суточная температура воздуха t_a за период, °C	–	+18,4	–
Диапазон суточных сумм осадков ΣPr , мм		26–27	
Сумма осадков ΣPr за период, мм		53	
Поверхностный сток за период, мм		40,9	
Даты		06–07.07.2017	
Продолжительность, дни		2	
Диапазон средних суточных температур воздуха t_a , °C		+11,8 +14,4	
Средняя суточная температура воздуха t_a за период, °C	–	+12,9	–
Диапазон суточных сумм осадков ΣPr , мм		16–28	
Сумма осадков ΣPr за период, мм		44	
Поверхностный сток за период, мм		32,2	

периода распутицы. В летнюю распутицу понижается температура воздуха и увеличивается количество атмосферных осадков.

Для распутицы характерно переувлажнение почв и грунтов. В метеорологических данных задокументированные периоды, для которых характерно «сырое с лужами» состояние поверхности почвы, могут характеризоваться как периоды распутицы. Для начала и середины весенней, конца осенней распутицы для состояния поверхностей почв и грунтов характерны снежный покров и мокрый снег. В конце весенней и в начале осенней распутицы преобладает влажное состояние поверхности почвы. В весеннюю распутицу переувлажнение почвы отмечалось чаще, чем в осеннюю. В весеннюю и осеннюю распутицу происходит максимальное переувлажнение почв и грунтов, образуется максимальное количество грязи

в Екатеринбурге. В среднем этот период весной продолжается 24–32 дня (в среднем 28), осенью – 21–86 дней (в среднем 50). Также грязеобразованию способствует редкая и непродолжительная летняя распутица.

Без снежного покрова, как правило, распутица наблюдается при переувлажненном состоянии земной поверхности. За 2013–2019 гг. в Екатеринбурге во время весенней распутицы было выявлено всего 3 случая переувлажнения поверхности почвы, во время осенней распутицы – 6 случаев. Свой вклад в процесс грязеобразования вносила редкая и непродолжительная летняя распутица, обусловленная значительными ливневыми осадками.

В периоды распутицы в осенний, весенний и летний сезоны возрастает величина поверхностного стока на урбанизированной территории. В теплый период года это

приводит к увеличению эрозионного смыва материала почв и грунтов с озелененных участков, особенно высок смыв с поверхностей с поврежденным покрытием (вследствие незавершенной рекультивации, поверхностей неорганизованных автопарковок, разрушенных автомобилями газонов). В холодный период года в распутицу величина поверхностного стока возрастает за счет снеготаяния, происходит образование снеготрясовой пульпы на дорогах и тротуарах. Снеготрясовая пульпа является

источником поверхностных наносов. Наносы, в свою очередь, накапливаются в локальных понижениях и неровностях микрорельефа на урбанизированных территориях. Полученные данные по метеорологическим условиям и основным климатическим характеристикам распутицы необходимо учитывать при планировании и проведении различных видов хозяйственной деятельности на естественных и искусственных подстилающих поверхностях на урбанизированной территории.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 18-77-10024).

ЛИТЕРАТУРА

1. Родоман Б. Б. Российская внутренняя периферия // Наука. Инновации. Технологии. 2014. № 4. С. 139–147.
2. Губская К. В., Зырянов А. И. Сезонность туризма в Пермском крае // Географический вестник. 2016. № 2 (37). С. 119–127. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2016-2-119-127>
3. Корнюхин А. В., Морковкина А. М. Учет материально-транспортных потерь на автомобильных дорогах в период распутицы // Вестник ХНАДУ. 2009. № 47. С. 74–76.
4. Весенняя распутица-2018: какие дороги перекроют для грузового транспорта? URL: <https://tr.ru/news/2794-vesennyya-rasputica-2018-kakie-dorogi-perekroyut-dlya-gruzovogo-transporta>
5. Литвиненко Л. Н., Зерова О. А. Особенности изменения средней многолетней суточной температуры воздуха и приметы русского народного календаря // Электронное научное издание «Альманах «Пространство и Время». 2016. № 11(1). С. 14.
6. Seleznev A. A., Yarmoshenko I. V., Malinovsky G. P. Assessment of total amount of surface sediment in urban environment using data on solid matter content in snow-dirt sludge // Environmental Processes. 2019. № 6. P. 581–595.
7. Селезнев А. А., Тетерин А. Ф., Ярмошенко И. В. Метеорологические условия формирования поверхностного стока наносов в период весеннего снеготаяния в городской среде // Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов. 2020. № 331(2). С. 7–16. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/2/2476>
8. US EPA 833-B-09-002. Developing your stormwater pollution prevention plan: a guide for industrial operators // United States Environmental Protection Agency. Washington, DC, 2009. 42 p.
9. Sansalone J. J., Buchberger S. G. Characterization of Metals and Solids in Urban Highway Winter Snow and Spring Rainfall-Runoff // Transp. Res. Rec. 1996. № 1523(1). P. 147–159. <https://doi.org/10.1177/0361198196152300118>
10. New Yorkers Hope End Is Near For Mounds Of Filthy Snow // CBSN New York. March 10. 2015.
11. Snow blobs melt at glacial pace in Chicago // Chicago Tribune. March 12. 2015.
12. Toronto's melting snow reveals mega mess to clean up // The Star. March 23. 2014.
13. Dirty S. Bank Worries Environmentalists // The Chosun Ilbo. February 21. 2014.
14. Taylor K. G., Owens P. N. Sediments in urban river basins: a review of sediment-contaminant dynamics in an environmental system conditioned by human activities // Journal of Soils and Sediments. 2009. Vol. 9(4). P. 281–303.
15. Климат Свердловска / под ред. В. В. Морокова, Ц. А. Швер. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 190 с.
16. Справочник по климату СССР. Вып. 9. История и физико-географическое описание метеорологических станций и постов. Свердловск: Уральское УГМС, 1966. 392 с.
17. Алисов Б. П. Климат СССР. М.: Изд-во МГУ, 1956. 127 с.
18. Григорьев А. А., Будыко М. И. Классификация климатов СССР // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1959. № 3. С. 3–19.
19. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 9. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 557 с.
20. СП 22.13330.2011. Свод правил «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*». URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084710>
21. Общие положения по содержанию и ремонту аэродромов (вертодромов) гражданской авиации. Организация и технологии содержания летных полей аэродромов (вертодромов) в различные периоды года. Содержание летного поля в летний период. URL: <https://helpiks.org/8-41452.html>
22. Об утверждении нормативных методических документов, регулирующих функционирование и эксплуатацию аэродромов экспериментальной авиации. 6.6. Содержание и текущий ремонт грунтовых частей летного поля: Приказ Минпромторга РФ от 30.12.2009 № 1215. URL: <https://zakonbase.ru/content/part/678357>
23. rp5.ru. Расписание погоды. URL: http://rp5.ru/archive.php?wmo_id=28440
24. Михайлов В. Н., Добровольский А. Д. Общая гидрология. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 368 с.
25. Жидиков А. П., Нечаева Н. С. Методические указания по разработке схем краткосрочных прогнозов расхода воды рек и протока воды в водохранилища в период половодья на основе моделей талого стока (на примере бассейна р. Волги) / под ред. В. А. Бельчикова. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 72 с.
26. Богословский Б. Б., Самохин А. А., Иванов К. Е., Соколов Д. П. Общая гидрология (гидрология суши). Л.: Гидрометеиздат, 1984. 423 с.
27. Чеботарев А. И. Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 308 с.
28. Тетерин А. Ф. Изменения основных характеристик климата на Урале за период инструментальных наблюдений // Вестник УрО РАН. 2013. № 3 (45). С. 44–55.

Статья поступила в редакцию 27 июля 2020 года

Role of bad road season in the formation of surface sediment runoff in urban environment

Aleksandr Fedorovich TETERIN*
Andrian Anatol'evich SELEZNEV**

Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia

Abstract

Problem Statement. The relevance of the research is caused by the need to study the processes of contemporary sedimentation in urban area, which reduce the quality of urban environment and have negative impact on the environmental state.

The objective of the study is to determine the role of bad road periods in fall, spring, and summer.

The material for the study is represented by the meteorological data for the period from fall 2005 to summer 2019. Meteorological conditions were analyzed in the context of formation of surface sediment runoff in bad road periods. The study was conducted on the example of Ekaterinburg (Russia). The following meteorological conditions were analyzed: time of the start, end and duration of bad road period, the thermal regime, precipitation, and the state of soil surface.

Results. It was found that the climate changes in winter and spring led to a change in the regime of thawing. Spring thaw begins earlier relative to average start dates. The duration of bad road period in fall has increased by a month, it began to start earlier and end later relative to average dates. Excess atmospheric precipitations and low temperature contribute to an increase in the bad road period. In summer bad road period, the air temperature decreases and the amount of precipitation increases. For the beginning and middle of the spring, the end of autumn bad road period, the state of the surface of soils is characterized by snow cover. At the end of spring and at the beginning of autumn thaw, the moist state of the soil surface prevails. In spring thaw, the soil moisturizing was noted more often than in fall. In the spring and autumn thaw, the maximum overmoistening of soils takes place, the maximum amount of dirt is formed in Ekaterinburg. The results can be used in planning the measures to improve the environmental situation in the urban areas.

Keywords: urban environment, season of bad roads, meteorological conditions, soil moisture content, sedimentogenesis, surface runoff, climate characteristics, time series, soil surface conditions.

This work was financially supported by a grant from the Russian Science Foundation (project no. 18-77-10024).

REFERENCES

1. Rodoman B. B. 2014, *Rossiyskaya vnutrennyaya periferiya. Nauka. Innovatsii. Tekhnologii*, no. 4, pp. 139–147. (In Russ.)
2. Gubskaya K. V., Zyryanov A. I. 2016, *Sezonnost turizma v Permskom krae. Geograficheskiy vestnik*, no. 2 (37), pp. 119–127. (In Russ.) <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2016-2-119-127>
3. Korniyukhin A. V., Morkovkina A. M. 2009, *Uchet materialno-transportnykh poter na avtomobilnykh dorogakh v period rasputitsy. Vestnik Kharkovskogo natsional'nogo avtodorozhnogo universiteta*, no. 47, pp. 74–76. (In Russ.)
4. *Vesenniyaya rasputitsa-2018: kakie dorogi perekroyut dlya gruzovogo transporta?* URL: <https://tr.ru/news/2794-vesenniyaya-rasputitsa-2018-kakie-dorogi-perekroyut-dlya-gruzovogo-transporta> (In Russ.)
5. Litvinenko L. N., Zerova O. A. 2016, *Osobennosti izmeneniya sredney sutochnoy temperatury vozdukh. Elektronnoe izdanie «Almanakh «Prostranstvo i Vremya»*, vol. 11, no. 1, p. 14. (In Russ.)
6. Seleznev A. A., Yarmoshenko I. V., Malinovsky G. P. 2019, Assessment of Total Amount of Surface Sediment in Urban Environment Using Data on Solid Matter Content in Snow-Dirt Sludge. *Environmental Processes*, no. 6, pp. 581–595.
7. Seleznev A. A., Teterin A. F., Yarmoshenko I. V. 2020, *Meteorologicheskie usloviya formirovaniya poverkhnostnogo stoka nanosov v period vesennego snegotayaniya v gorodskoy srede. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*, vol. 331, no. 2, pp. 7–16. (In Russ.) <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/2/2476>
8. 2009, US EPA 833-B-09-002. Developing your stormwater pollution prevention plan: a guide for industrial operators. *United States Environmental Protection Agency*. Washington, DC, 42 p.
9. Sansalone J. J., Buchberger S. G. 1996, Characterization of Metals and Solids in Urban Highway Winter Snow and Spring Rainfall-Runoff. *Transp. Res. Rec.*, no. 1523(1), pp. 147–159. <https://doi.org/10.1177/0361198196152300118>
10. 2015, New Yorkers Hope End Is Near For Mounds Of Filthy Snow. *CBSN New York*, March 10.
11. 2015, Snow blobs melt at glacial pace in Chicago. *Chicago Tribune*, March 12.
12. 2014, Toronto's melting snow reveals mega mess to clean up. *The Star*, March 23.
13. Dirty S. 2014, Bank Worries Environmentalists. *The Chosun Ilbo*, February 21.
14. Taylor K. G., Owens P. N. 2009, Sediments in urban river basins: a review of sediment-contaminant dynamics in an environmental system conditioned by human activities. *Journal of Soils and Sediments*, vol. 9(4), pp. 281–303.

*taf@ecko.uran.ru
**sandrian@rambler.ru

15. 1981, *Klimat Sverdlovsk. Pod red. V.V. Morokova, Ts.A. Shver.* Leningrad, 190 p. (In Russ.)
16. 1966, *Spravochnik po klimatu SSSR. Vypusk 9. Istoriya i fiziko-geograficheskoe opisanie meteorologicheskikh stantsiy i postov.* Sverdlovsk, 392 p. (In Russ.)
17. 1956, Alisov B. P. *Klimat SSSR.* Moscow, 127 p. (In Russ.)
18. Grigorev A. A., Budyko M. I. 1959, *Klassifikatsiya klimatov SSSR. Izvestiya AN SSSR. Ser. geogr.*, no. 3, pp. 3–19. (In Russ.)
19. 1990, *Nauchno-prikladnyy spravochnik po klimatu SSSR. Ser. 3. Ch. 1–6. Vyp. 9.* Leningrad, 557 p. (In Russ.)
20. SP 22.13330.2011. *Svod pravil «Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.02.01-83*».* URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084710> (In Russ.)
21. *Obshchie polozheniya po soderzhaniyu i remontu aerodromov (vertodromov) grazhdanskoy aviatsii. Organizatsiya i tekhnologii soderzhaniya letnykh poley aerodromov (vertodromov) v razlichnye periody goda. Soderzhanie letnogo polya v letniy period.* URL: <https://helpiks.org/8-41452.html> (In Russ.)
22. Ob utverzhdenii normativnykh metodicheskikh dokumentov, reguliruyushchikh funktsionirovanie i ekspluatatsiyu aerodromov eksperimentalnoy aviatsii. 6.6. *Soderzhanie i tekushchiy remont gruntovykh chastey letnogo polya: Prikaz Minpromtorga RF ot 30.12.2009 № 1215.* URL: <https://zakonbase.ru/content/part/678357> (In Russ.)
23. rp5.ru. Raspisanie Pogody. URL: http://rp5.ru/archive.php?wmo_id=28440 (In Russ.)
24. Mihajlov V. N., Dobrovol'skij A. D. 1991, *Obshchaya gidrologiya.* Leningrad, 368 p. (In Russ.)
25. Zhidikov A. P., Nechaeva N. S. 1982, *Metodicheskie ukazaniya po razrabotke skhem kratkosrochnykh prognozov raskhoda vody rek i protoka vody v vodohranilishcha v period polovod'ya na osnove modelej talogo stoka (na primere bassejna r. Volgi)* / pod red. V. A. Bel'chikova. Leningrad, 72 p. (In Russ.)
26. Bogoslovskij B. B., Samohin A. A., Ivanov K. E., Sokolov D. P. *Obshchaya gidrologiya (gidrologiya sushi).* Leningrad, 1984, 423 p. (In Russ.)
27. Chebotarev A. I. 1978, *Gidrologicheskij slovar'.* Leningrad, 308 p. (In Russ.)
28. Teterin A. F. 2013, *Izmeneniya osnovnykh harakteristik klimata na Urale za period instrumental'nykh nablyudenij. Vestnik Ural'skogo otdeleniya RAN*, no. 3 (45), pp. 44–55. (In Russ.)

The article was received on July 27, 2020