Кетов К.Д., Ручкинова О.И. Обоснование применения снегоплавильных установок в городе Перми // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7, № 3. – С. 54–65. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.3.06

Ketov K.D., Ruchkinova O.I. Justification of application of snow melting installations in Perm. *PNRPU Bulletin. Construction and Architecture*. 2016. Vol. 7, no. 3. Pp. 54-65. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.3.06

ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
Т. 7, № 3, 2016
PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE
http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/

DOI: 10.15593/2224-9826/2016.3.06
УДК 625.768.5

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СНЕГОПЛАВИЛЬНЫХ УСТАНОВОК В ГОРОДЕ ПЕРМИ

К.Д. Кетов, О.И. Ручкинова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 03 июня 2016
Принята: 17 июня 2016
Опубликована: 30 сентября 2016

Ключевые слова:
снегоплавильные установки, снеговые полигоны, снег, плавление снега, вывоз снега, денежные затраты, ливневая канализация, экологическая безопасность, очистные сооружения, урбанизированные территории

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена актуальность утилизации снега с урбанизированных территорий. Приведены экологические преимущества снегоплавильных установок по сравнению с вывозом снега на полигоны. На примере г. Перми произведено сравнение денежных затрат на вывоз полного суточного объема снега и на его комбинированную утилизацию, которая представляет собой вывоз 1/4 объема снега и плавление 3/4 объема снега с использованием различного теплоносителя. Доказана экономическая целесообразность применения снегоплавильных установок. Установлено, что комбинированная утилизация снега методом плавления на газовом топливе в 3,1 раза дешевле по сравнению с вывозом полного объема снега. Выполнен анализ состояния проблемы утилизации снега и состояния ливневой канализации в г. Перми. Установлено, что эксплуатация снеговых полигонов и сброс ливневых сточных вод в Перми не соответствуют требованиям природоохранного законодательства. Показано, что экологически безопасное размещение и эксплуатация снегоплавильных установок зависят от нескольких факторов: диаметров и трасс городских ливневых коллекторов, способных обеспечивать отвод талой воды, состояния ливневой канализации, наличия на ней очистных сооружений, наличия свободных территорий. Разработана программа действий для формирования предложений по расположению снегоплавильных установок в левобережной части г. Перми. Программа включает изучение позиции городских властей относительно полной экологической безопасности утилизации снега с рассмотрением двух сценариев размещения снегоплавильных установок, определение в зависимости от выбранного сценария производительности, количества и конкретных мест размещения снегоплавильных установок, изучение альтернативной возможности размещения стационарных «мокрых» полигонов утилизации снега с использованием снегоплавильной установки большой мощности и обязательным устройством очистных сооружений.

© ПНИПУ

© **Кетов Кирилл Дмитриевич** – студент, e-mail: ket1395@yandex.ru.
Ручкинова Ольга Ивановна – доктор технических наук, профессор, e-mail: xgogax@mail.ru.

Kirill D. Ketov – Student, e-mail: ket1395@yandex.ru.
Ol'ga I. Ruchkinova – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: xgogax@mail.ru.

JUSTIFICATION OF APPLICATION OF SNOW MELTING INSTALLATIONS IN PERM

K.D. Ketov, O.I. Ruchkinova

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 03 June 2016
Accepted: 17 June 2016
Published: 30 September 2016

Keywords:
snow melting installations, snow grounds, snow, snow melting, snow export, monetary expenses, the stormwater drainage system, ecological safety, treatment facilities, the urbanized territories

ABSTRACT

Relevance of utilization of snow from the urbanized territories is considered. Ecological advantages of snow melting installations in comparison with export of snow on grounds are given. On the example of Perm comparison of monetary costs of export of full daily volume of snow is made and on the combined snow utilization which represents export 1/4 volumes of snow and melting 3/4 volumes of snow with use of various heat carrier Calculations economic feasibility of application of snow melting installations is proved. It is established that the combined utilization of snow with a melting method on gas fuel is 3,1 times cheaper in comparison with export of full volume of snow. The analysis of a condition of a problem of utilization of snow and condition of the stormwater drainage system in Perm is made. It is established that operation of snow grounds and dumping of storm sewage in Perm don't conform to requirements of the nature protection legislation. It is shown that ecologically safe installation and operation of snow melting installations depends on several factors: diameters and routes of the city storm collectors capable to provide removal of thawed snow, a condition of the stormwater drainage system, existence on her treatment facilities, existence of free territories. The action program is developed for formation of offers on an arrangement of snow melting installations in left-bank part of Perm. The program includes: studying of a position of the city authorities of rather full ecological safety of utilization of snow, with consideration of two scenarios of placement of snow melting installations. Definition depending on the chosen scenario of productivity, quantity and concrete locations of snow melting installations. Studying of an alternative possibility of placement of stationary “wet” grounds of utilization of snow, with use of snow melting installation of big power, and the obligatory device of treatment facilities.

© PNRPU

Уборка и утилизация снега являются важными задачами в жизни любого поселения. Чем больше площадь города и количество его жителей, тем больше проблем от наледи и сугробов на улицах [1].

Снег с территории города необходимо утилизировать по ряду причин:

– снег и лед могут привести к человеческим травмам и дорожно-транспортным происшествиям;

– весной талая вода может подтопить подвалы и цокольные этажи зданий, вследствие чего может произойти частичное разрушение домов;

– накопившийся на кровле зданий снег может обрушиться на пешеходов или городской транспорт;

– снег хорошо впитывает в себя химические загрязнения, отходы промышленных предприятий (по данным [2], показатели загрязнения снега с урбанизированных территорий превышают ПДК для рыбохозяйственных водоемов по NH_4 – в 1,2 раза, Al – в 12,2 раза, Fe – в 8,2 раза, Mn – в 5 раз; наиболее значительными и опасными являются загрязнения снега на дорогах, где снег содержит значительное количество противогололедных реагентов и нефтепродуктов, именно эти загрязнения оказывают дестабилизирующее влияние на водные экосистемы; опасность загрязненного снега с дорог связана с огромными площадями дорог в территориальном балансе города);

– при таянии снега накопленные им вредные вещества попадают в почву, отравляя ее и грунтовые воды.

Вывоз снега на специальные снегосборочные пункты, на которых он складируется в течение зимы, требует больших денежных затрат, а также необходимы теплые погодные условия, чтобы накопленный снег начал таять [3–6].

Проблему утилизации снега, а также отделения крупного мусора, содержащегося в нем, в больших городах можно решить с помощью установок плавления снега. Использование снеготаялок имеет существенные экологические преимущества по сравнению с вывозом снега за территорию города, а именно:

1) минимальные выбросы в атмосферу продуктов горения топлива по сравнению с грузовиками, вывозящими снег;

2) отделение крупного мусора от сбрасываемого в бункер снеготаялки снега осуществляется в самой установке, а мусор по мере накопления вывозится на мусорные полигоны;

3) талая вода сбрасывается в городскую канализацию, где впоследствии будет подвергаться другим процессам очистки, а не впитывается в почву;

4) звук, который создает установка при работе, не превышает допустимых пределов.

Впервые стационарные и передвижные установки для плавления снега стали применять в Москве на территориях усадеб богатых граждан еще в XX в. К 1925 г. в Москве было закончено восстановление коммунального хозяйства, разрушенного за годы Гражданской войны, вследствие чего перед органами управления города возникла проблема утилизации снежных масс, в том числе с помощью снегоплавильной техники, которая применялась городскими домоуправлениями и учреждениями в соответствии с обязательным Постановлением Президиума Московского Совета РК и КД «Об устройстве и содержании снеготаялок в Москве» [7].

Применение снегоплавильной техники в самом крупном городе России – Москве – оправдывает себя уже много лет. Но рационально ли использовать данную технику в Перми – городе, в котором снежные полигоны расположены относительно недалеко от центра города, а площадь самого города приблизительно в три раза меньше, чем площадь Москвы? Различия географических условий, уровня развития инженерной инфраструктуры двух городов требуют обоснования для применения снегоплавильных установок в Перми.

1. Принцип работы снегоплавильных установок

Работа снеготаялки происходит в следующей последовательности: снегоплавильный бункер заполняется холодной водой, затем в него загружают снежную массу через сепараторы-дробилки, которые измельчают снег и отделяют от него крупный мусор. Внизу бункера располагается теплогенерирующий агрегат, который с помощью горелки подает продукты сгораемого топлива в теплообменный аппарат. Стенки теплообменного аппарата нагреваются, за счет чего происходит растапливание снега, находящегося в бункере. Затем талая вода проходит через механические фильтры и сливается в канализацию [8].

По конструкции снегоплавильные установки подразделяются на одно- и двухсекционные. Их схемы представлены на рис. 1, 2 [9].

В односекционные снеготаялки снег загружается в единственную емкость, в которой происходят плавление снега и нагревание воды. С помощью системы орошения водой ускоряется плавление снега. Для защиты от предметов инородного происхождения теплообменник находится под решеткой.

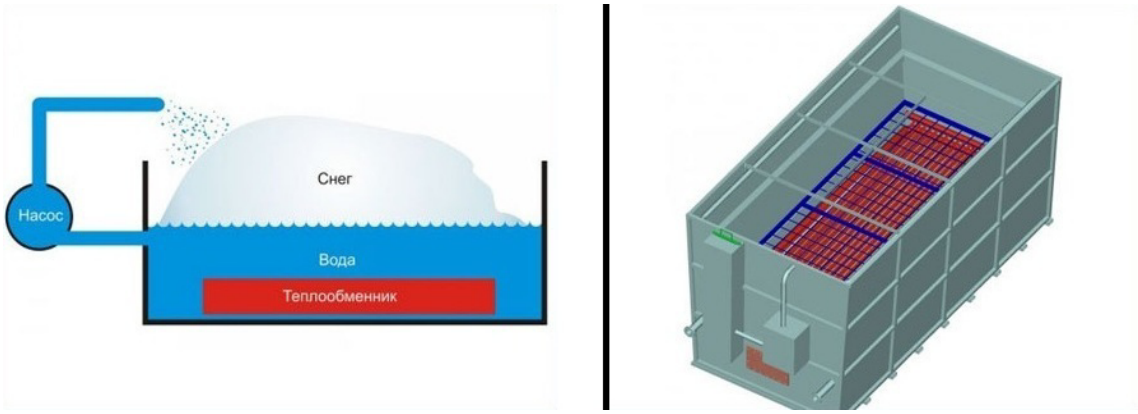

Рис. 1. Односекционная снегоплавильная установка
Fig. 1. Single-section snow melting installation

Двухсекционные снеготаялки состоят из двух емкостей. В первой емкости происходит нагревание воды, во второй – плавление снежной массы. Из емкости нагревания вода переливается в емкость плавления, в которой происходит разбивка снега. Значительная часть образовавшейся талой воды сливается в канализацию, а оставшаяся малая часть через механический фильтр с помощью насоса снова подается в емкость нагревания воды.

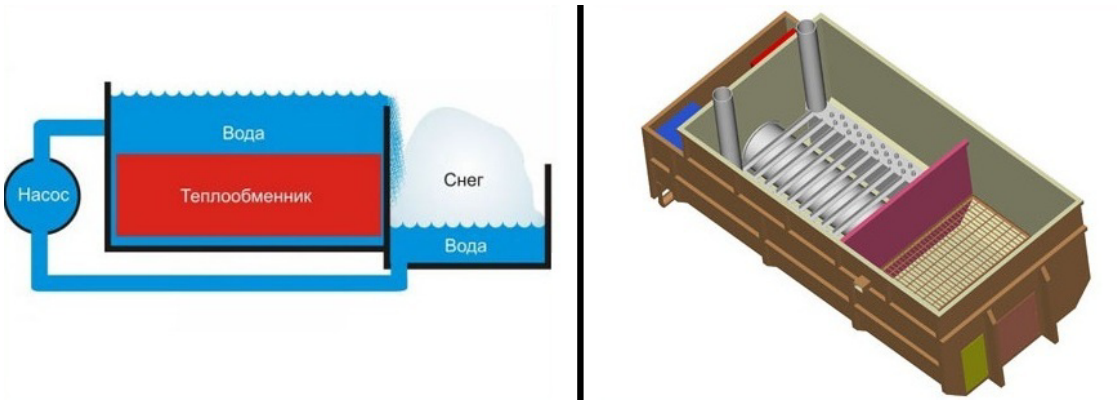

Рис. 2. Двухсекционная снегоплавильная установка
Fig. 2. Two-section snow melting installation

2. Возможность применения снегоплавильных установок в Перми

В Перми находятся пять полигонов для выгрузки снега, которые размещены в четырех районах: Кировском, Орджоникидзевском, Свердловском, Ленинском. Их местоположение показано на рис. 3. Их суммарная площадь составляет 426 тыс. м^2.

Относительно состояния снеговых полигонов в СМИ имеется противоречивая информация. С одной стороны, администрация г. Перми утверждает, что все пять мест временного складирования снега имеют санитарно-эпидемиологические заключения, оборудованы в соответствии со всеми экологическими требованиями: имеют дренаж, ограждение, а также вовремя проводится их рекультивация. С другой стороны, в результате проверки Пермской межрайонной природоохранной прокуратуры исполнения законодательства администрацией Перми в сфере охраны окружающей среды при сборе, транспортировке и складировании снега с улично-дорожной сети, рекультивации земельных участков под снегосвалками установлено, что снегосвалки не соответствовали требованиям, установленным нормативными требованиями по охране окружающей среды. Так, по результатам ана-

лиза проб свалки снега в Камской долине Ленинского района г. Перми установлено превышение предельно допустимых концентраций содержания нефтепродуктов в снеге более чем в 1 тыс. раз, хлорид-ионов – в 6 раз, взвешенных веществ – в 60 раз [10].

На основе имеющихся данных утверждать об абсолютной экологической безопасности снеговых полигонов г. Перми невозможно.

Стоимость вывоза снега имеет прямую зависимость от дальности перевозки и в Перми составляет 200 руб. за 1 м^3.

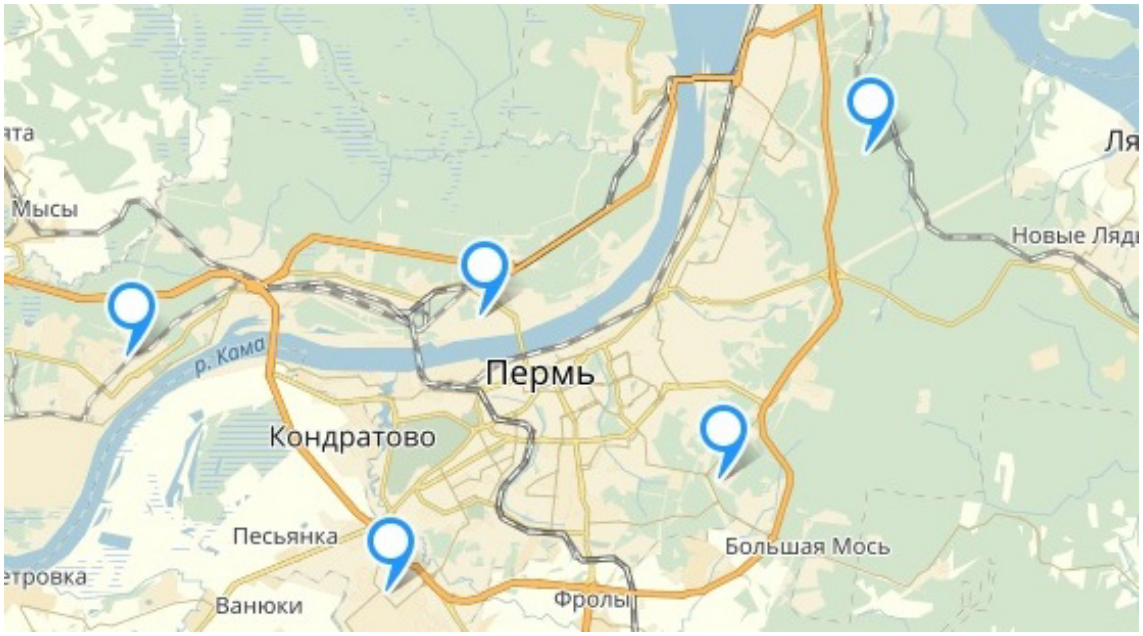

Рис. 3. Схема расположения полигонов выгрузки снега в г. Перми
Fig. 3. The scheme of an arrangement of grounds of unloading of snow in Perm

Для оценки целесообразности применения снегоплавильных установок в г. Перми необходимо рассчитать объем снега в зимний период, сравнить затраты на его вывоз и снегоплавление, проанализировать расположение ливневой канализации на территории города, определить места дислокации снеготаялок.

2.1. Расчет объемов уплотненного снега и талых вод

Рассчитаем объем снега за каждый зимний месяц, который получается после того, как свежевыпавший снег уплотняют в процессе уборки, а также объем талой воды, получаемый при плавлении этого снега.

Исходные данные:

S – площадь убираемой от снега территории в Перми, S = 10 595 000 м^2;

h_1 – среднее количество осадков в сутки в Перми за декабрь [11], h_1 = 1,21 мм;

h_2 – среднее количество осадков в сутки в Перми за январь [11], h_2 = 1,13 мм;

h_3 – среднее количество осадков в сутки в Перми за февраль [11], h_3 = 0,87 мм;

R_c – плотность свежевыпавшего снега, R_c = 125 кг/м^3;

R_y – плотность уплотненного в процессе уборки снега, R_y = 350 кг/м^3;

R_v – плотность воды, R_v = 1000 кг/м^3;

K_1 – количество дней в декабре, K_1 = 31;

K_2 – количество дней в январе, $K_2 = 31$;

K_3 – количество дней в феврале, $K_3 = 28$.

Объем выпавшего за сутки снега в Перми для каждого зимнего месяца рассчитывается по формуле

$$V_i = \frac{S \cdot h_i}{1000}, \tag{1}$$

где S – площадь убираемой от снега территории в Перми, м^2; h_i – среднее количество осадков в сутки за зимний месяц, мм.

Объем уплотненного при уборке снега в сутки для каждого зимнего месяца рассчитывается по формуле

$$U_i = \frac{V_i \cdot R_{\text{с}}}{R_{\text{у}}}, \tag{2}$$

где V_i – объем выпавшего за сутки снега в Перми для каждого зимнего месяца, м^3; $R_{\text{у}}$ – плотность уплотненного снега, кг/м^3; $R_{\text{с}}$ – плотность свежевыпавшего снега, кг/м^3.

Объем уплотненного при уборке снега за весь зимний месяц рассчитывается по формуле

$$E_i = K_i \cdot U_i, \tag{3}$$

где K_i – количество дней в зимнем месяце; U_i – объем уплотненного при уборке снега в сутки для каждого зимнего месяца, м^3.

Объем талой воды, получаемый при плавлении уплотненного снега в сутки для каждого зимнего месяца, рассчитывается по формуле

$$Y_i = \frac{R_{\text{у}} \cdot E_i}{R_v}, \tag{4}$$

где $R_{\text{у}}$ – плотность уплотненного в процессе уборки снега, кг/м^3; E_i – объем уплотненного при уборке снега за весь зимний месяц, м^3; R_v – плотность воды, кг/м^3.

Объем талой воды, получаемый при плавлении уплотненного при уборке снега за весь зимний месяц, рассчитывается по формуле

$$W_i = K_i \cdot Y_i, \tag{5}$$

где K_i – количество дней в зимнем месяце; Y_i – объем воды, получаемый при плавлении уплотненного снега в сутки для каждого зимнего месяца, м^3.

Результаты расчетов объемов снега и талых вод за зимний период в Перми приведены в табл. 1.

Таблица 1

Объемы уплотненного снега и талой воды в зимний период в г. Перми

Table 1

Volumes of the condensed snow and thawed snow during the winter period in Perm

Месяц	Объем уплотненного снега, м^3		Объем талой воды, м^3	
	за сутки	за месяц	за сутки	за месяц
Декабрь	4579	141 949	1603	49 693
Январь	4276	132 556	1497	46 407
Февраль	3293	92 204	1153	32 284

2.2. Анализ состояния ливневой канализации в Перми

Ливневая канализация до сих пор остается одной из главных проблем г. Перми. Система канализации в настоящий момент представляет собой отдельные участки, построенные по разным, не связанным между собой проектам и в разное время.

Регулярно происходят канализационные прорывы и затопления. По мнению экспертов, основная причина этого – ветхость канализационных конструкций, они не справляются с потоками воды в периоды обильных осадков. Протяженность ливневой канализации в Перми составляет около 130 км. У 10 % всех дорог города канализация закрытого типа, у остальных – открытые водостоки [12]. Основные усилия администрации города направлены на ежегодную прочистку ливневой канализации.

Исходя из генерального плана г. Перми следует, что ливневая канализация имеет 152 водовыпуска в водные объекты, не оснащенные очистными сооружениями, в том числе 126 выпусков с жилых территорий и 26 выпусков с промышленных зон и улично-дорожной сети. Водовыпусков, оснащенных очистными сооружениями, насчитывается 13.

Пермская межрайонная природоохранная прокуратура в 2015 г. проверила исполнение законодательства в части организации водоотведения сточных ливневых вод администрацией г. Перми. В ходе проверки было установлено, что водовыпуски сточных ливневых вод, за исключением 13, не оснащены очистными сооружениями. Решения о предоставлении водного объекта в пользование в целях сброса дождевых вод не выдавались. Таким образом, ливневые стоки с территории города не очищаются, их сброс не санкционирован и осуществляется в малые реки [13].

Удручающее состояние ливневой канализации г. Перми не уникально. Аналогичная картина отмечается в Казани, где также имеются подобные нарушения требований водного законодательства в части отсутствия технико-экономического обоснования сброса стоков, НДС и разрешения на сброс в водные объекты, а также регулярного мониторинга сбрасываемых в водоемы поверхностных сточных вод [14].

По оценкам [15], устройство ливневой канализации на 100 % улиц, переулков, проездов и набережных Перми обойдется в 6,7 млрд руб. Это примерно 8–10 % годового бюджета Пермского края. Если говорить только о центральной части города с максимально плотной сетью дорог и застройкой, то речь может идти о 20–30 % улиц, а это уже от 1,3–2 млрд руб. Стоимость очистных сооружений на миллионный город может составить 5–6 млрд руб. В итоге цена вопроса составляет 6–8 млрд руб.

Экологически безопасная установка и эксплуатация снегоплавильных установок зависят от нескольких факторов: диаметра и трасс городских ливневых коллекторов, способных обеспечивать отвод талой воды, состояния ливневой канализации, наличия на ней очистных сооружений, наличия свободных территорий.

В Перми достаточно густая сеть ливневой канализации находится в левобережной части города. На правом берегу Перми ливневая канализация почти отсутствует, поэтому снег необходимо вывозить на два имеющихся там полигона.

За объем снега к вывозке на полигоны принимаем максимальный суточный объем снега за один из трех зимних месяцев. Максимальный суточный объем снега выпадает в декабре. Объем уплотненного после уборки снега, собираемого с правого берега города, равен примерно 1/4 от общего суточного объема, собираемого со всей Перми в сутки в декабре, и составляет приблизительно 1145 м^3.

В расчетах принимаем, что весь снег на левобережной территории Перми подлежит плавлению в связи с наличием транспортирующих сетей. Для расчета производительности снегоплавильных установок, которые предлагается разместить в левобережной части г. Перми, принято, что объем снега с левобережной части составляет 3/4 суточного объема снега.

2.3. Расчет затрат на комбинированную утилизацию снега в Перми

Затраты на комбинированную утилизацию определены для случая, когда 1/4 убранного снега вывозится на полигоны (правобережная часть г. Перми), а 3/4 объема снега левобережной части города Перми плавят в установках плавления снега.

Исходные данные для расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные для сравнения затрат на вывоз снега на полигоны и комбинированную утилизацию с плавлением снега

Table 2

Basic data for comparison of costs of export of snow for grounds and the combined utilization with snow melting

Наименование	Обозначение	Ед. изм.	Значения		
			Декабрь	Январь	Февраль
Полный суточный объем уплотненного снега за месяц	E_i	м^3	4579	4276	3293
Суточный объем уплотненного снега на снегоплавильную установку	$E_{3/4i}$	м^3	3434	3207	2469
Суточный объем уплотненного снега на вывоз на снежные полигоны	$E_{1/4i}$	м^3	1145	1069	824
Количество дней в месяце	K_i	Дни	31	31	28
Стоимость вывоза снега	Z	руб./м^3	200		
Стоимость плавления снега на жидком топливе	X_T	руб./м^3	120		
Стоимость плавления снега на сетевой воде	X_C	руб./м^3	40		
Стоимость плавления снега на газовом топливе	X_G	руб./м^3	20		

Затраты на вывоз полного суточного объема снега для каждого зимнего месяца рассчитываются по формуле

$$P_i = E_i \cdot Z\,, \tag{6}$$

где E_i – полный суточный объем уплотненного снега за зимний месяц, м^3; Z – стоимость вывоза 1 м^3 снега в Перми, руб./м^3.

Затраты на вывоз 1/4 суточного объема снега для каждого зимнего месяца рассчитываются по формуле

$$P_{1/4i} = E_{1/4i} \cdot Z\,, \tag{7}$$

где $E_{1/4i}$ – 1/4 суточного объема уплотненного снега за зимний месяц, который необходимо вывезти, м^3; Z – стоимость вывоза 1 м^3 снега в Перми, руб./м^3.

Затраты на плавление 3/4 суточного объема снега (в зависимости от способа плавления) для каждого зимнего месяца рассчитываются по формуле

$$P_{3/4i} = E_{3/4i} \cdot X_{T,G,C}, \quad (8)$$

где $E_{3/4i}$ – 3/4 суточного объема уплотненного снега за зимний месяц, который необходимо расплавить, м^3; X_T – стоимость плавления 1 м^3 снега на жидком топливе, руб./м^3; X_G – стоимость плавления 1 м^3 снега на газовом топливе, руб./м^3; X_C – стоимость плавления 1 м^3 снега на сетевой воде, руб./м^3.

Затраты на вывоз полного суточного объема снега за всю зиму рассчитываются по формуле

$$P = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot K_i, \quad (9)$$

где P_i – затраты на вывоз полного суточного объема снега за зимний месяц, руб.; K_i – количество дней в зимнем месяце.

Затраты на вывоз 1/4 суточного объема снега за всю зиму рассчитываются по формуле

$$P_{1/4} = \sum_{i=1}^{n} P_{1/4i} \cdot K_i, \quad (10)$$

где $P_{1/4i}$ – затраты на вывоз 1/4 суточного объема снега за зимний месяц, руб.; K_i – количество дней в зимнем месяце.

Затраты на плавление 3/4 суточного объема снега (в зависимости от способа плавления) за всю зиму рассчитываются по формуле

$$P_{3/4} = \sum_{i=1}^{n} P_{3/4i} \cdot K_i, \quad (11)$$

где $P_{3/4i}$ – затраты на плавление 3/4 суточного объема снега (в зависимости от способа плавления) за зимний месяц, руб.; K_i – количество дней в зимнем месяце.

Полученные результаты расчетов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Сводные затраты на комбинированную и полную утилизацию снега
за зимний период в г. Перми

Table 3

Summary costs for the combined and complete utilizations
of snow for the winter period in Perm

Показатель	Полный вывоз суточного объема снега	Комбинированная утилизация		
		Вывоз 1/4 суточного объема снега и плавление на жидком топливе 3/4 суточного объема снега	Вывоз 1/4 суточного объема снега и плавление на газовом топливе 3/4 суточного объема снега	Вывоз 1/4 суточного объема снега и плавление на сетевой воде 3/4 суточного объема снега
1	2	3	4	5
Затраты в сутки за декабрь, руб.	915 800	641 080	297 680	366 360
Затраты в сутки за январь, руб.	855 200	598 640	277 940	342 080

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
Затраты в сутки за февраль, руб.	658 600	461 080	214 180	263 560
Затраты за зиму, руб.	73 341 800	51 341 560	23 841 260	29 341 320
Сравнительная стоимость, раз	3,10	2,15	1,00	1,23

Денежные затраты на погрузку и уборку снега, а также зарплата персонала в расчете не учитываются, так как во всех случаях они примерно одинаковые.

Согласно расчетам наиболее оптимальным вариантом утилизации является вывоз ¼ суточного объема снега на снежные полигоны в комбинации с плавлением снега в снеготаялках на газовом топливе. Денежные затраты данной комбинации в 3,1 раза меньше, чем затраты на вывоз полного объема снега на полигоны.

2.4. Определение мест расположения снегоплавильных установок

Для разработки предложений по расположению снегоплавильных установок в левобережной части г. Перми требуется ответить на вопрос: исходить ли из полной экологической безопасности утилизации снега?

Возможны два сценария размещения снегоплавильных установок. *Первый сценарий*, не учитывающий полную экологическую безопасность утилизации снега, базируется на необходимости привязки места расположения снегоплавильной установки к действующему ливневому коллектору подходящего диаметра, обеспечивающего транспортировку заданного объема растопленного снега. Важным фактором является изучение наличия свободных территорий под размещение установки вблизи центральных улиц города. Потребуется изучение пропускной способности коллекторов. *Второй сценарий*, обеспечивающий экологическую безопасность утилизации снега, требует размещения снегоплавильных установок исключительно вблизи коллекторов, имеющих на выпуске стоков очистные сооружения. Как известно, в Перми их всего 13, и все они расположены на берегах малых рек: Ивы, Егошихи, Данилихи. Требуется изучение пропускной способности ливневых коллекторов, а также производительности очистных сооружений ливневых вод.

В зависимости от выбранного сценария необходимо определить производительность снегоплавильных установок, их количество и конкретные места их размещения.

Целесообразным является рассмотрение возможности размещения «мокрых» полигонов утилизации снега, представляющих сочетание обычного снегового полигона малой площади для оперативного принятия снега с использованием снегоплавильной установки большой мощности и обязательным устройством очистных сооружений.

Выводы

Для оценки целесообразности применения снегоплавильных установок в г. Перми был рассчитан объем снега в зимний период, проведено сравнение затрат на вывоз снега и снегоплавление, проанализированы существующая система утилизации снега, а также состояние и расположение ливневой канализации на территории города.

Сравнение затрат производилось для суточного объема снега по следующим вариантам:

1) полный вывоз всего объема снега на полигоны;

2) комбинированная утилизация, включающая вывоз 1/4 объема снега на полигоны (правобережная часть г. Перми) и плавление 3/4 объема снега левобережной части г. Перми в снеготаялках (с учетом трех видов топлива: жидкое топливо, газ, сетевая вода).

С помощью расчетов установлена экономическая целесообразность применения снегоплавильных установок. Денежные затраты на комбинированную утилизацию с плавлением снега в снеготаялках на газовом топливе в 3,1 раза меньше, чем затраты на вывоз полного объема снега на полигоны.

Библиографический список

1. Уборка снега в городских условиях [Электронный ресурс]. – URL: http://www.promplast.net/uborka_snega_v_gorodskikh_usloviyakh.html (дата обращения: 17.04.2016).

2. Лобкина В.А., Генсировский Ю.В. Проблемы размещения снежных полигонов на урбанизированных территориях (на примере г. Южно-Сахалинска) // Вестник ДВО РАН. – 2012. – № 3. – С. 97–102.

3. Твердохлебов В.А. Снегоплавильный комплекс как альтернатива традиционным методам уборки городских территорий в зимнее время // Современные концепции развития науки: сб. стат. Междунар. науч.-практ. конф., г. Уфа, 15 мая 2014 г. – Уфа: Аэтерна, 2014. – С. 4–48.

4. Перчаткин Ю.В., Твердохлебов В.А., Щурин К.В. Снегоплавильный комплекс на базе коммунальных машин // Прогрессивные технологии в транспортных системах: материалы 11-й Науч.-практ. конф. – Оренбург, 2013. – С. 409–410.

5. Твердохлебов В.А. Снегоплавильная установка // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения: материалы 4-й Междунар. дистанц. науч. конф. – Липецк, 2013. – С. 62–67.

6. Примин О.Г., Пупырев Е.И., Варюшина Г.П. Системное решение проблем уборки и утилизации снега в Москве // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 4. – С. 37–46.

7. Лагунов А.Я. Снеготаялки: московский опыт эксплуатации // Строительные и дорожные машины. – 2010. – № 2. – С. 56–61.

8. Использование снегоплавильной техники [Электронный ресурс]. – URL: http://yablor.ru/ blogs/ispolzovanie-snegoplavilnoy-tehniki/4152876 (дата обращения: 23.04.2016).

9. Снегоплавильные установки [Электронный ресурс]. – URL: http://www.svarka-kovka.ru/melting_snow1.php (дата обращения: 28.04.2016).

10. Прокуратура оштрафовала муниципальное предприятие за незаконные свалки снега в Перми [Электронный ресурс] // Business Class. – URL: http://www.business-class.su/news/2015/12/13/prokuratura-oshtrafovala-municipalnoe-predpriyatie-za-nezakonnye-svalki-snega-v-permi (дата обращения: 11.05.2016).

11. Сборник прогнозов погоды. Среднегодовые температуры и осадки по городам [Электронный ресурс]. – URL: http://thermo.karelia.ru/weather/w_precips.shtml (дата обращения: 18.05.2016).

12. По дороге вплавь: засоренная ливневка становится причиной потопов в Перми [Электронный ресурс] // Аргументы и факты. – URL: http://www.aif.ru/ugol/ communal/po_doroge_vplav_zasorennaya_livnevka_stanovitsya_prichinoy_potopov_v_permi (дата обращения: 19.05.2016).

13. Ливневая канализация Перми содержится ненадлежащим образом [Электронный ресурс] // Business Class. – URL: http://www.business-class.su/news/2015/12/24/prokuratura-livnevaya-kanalizaciya-v-permi-soderzhitsya-nenadlezhashchim-obrazom (дата обращения: 21.05.2016).

14. О правовых аспектах эксплуатации систем отведения поверхностного стока с селитебных территорий в водные объекты / О.В. Никитин, В.З. Латыпова, Р.Н. Сабанаев [и др.]. // Российский журнал прикладной экологии. – 2015. – № 3. – С. 56–60.

15. Чертков А. Мечтать жить в Перми [Электронный ресурс]. – URL: http://achert.livejournal.com/65007.html (дата обращения: 27.05.2016).

References

1. Uborka snega v gorodskikh usloviiakh [Cleaning of snow in city conditions], available at: http://www.promplast.net/uborka_snega_v_gorodskikh_usloviyakh.html (accessed 17 April 2016).

2. Lobkina V.A., Gensirovskii Iu.V. Problemy razmeshcheniia snezhnykh poligonov na urbanizirovannykh territoriiakh (na primere goroda Iuzhno-Sakhalinska) [Problems of placement of snow grounds in the urbanized territories (on the example of the city of Yuzhno-Sakhalinsk)]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniia Rossiiskoi akademii nauk*, 2012, no. 3, pp. 97-102.

3. Tverdokhlebov V.A. Snegoplavilinyi kompleks kak al'ternativa traditsionnym metodam uborki gorodskikh territirii v zimnee vremia [Snow melting complex as alternative to traditional methods of cleaning of urban areas in winter time]. *Sovremennye kontseptsii razvitiia nauki*. Ufa: Aeterna, 2014, pp. 45-48.

4. Perchatkin Iu.V., Tverdokhlebov V.A., Shyrin K.V. Snegoplavilnii kompleks na baze kommunal'nikh mashin [Snow melting complex on the basis of municipal cars]. *Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh*. Orenburg, 2013, pp. 409-410.

5. Tverdokhlebov V.A. Snegoplavilnaiy ustanovka [Snow melting installation]. *Sovremennaia neuka: aktual'nye problemy i puti ikh resheniia*, Lipetsk, 2013, pp. 62-67.

6. Primin O.G., Pupyrev E.I., Variushina G.P. Sistemnoe reshenie problem uborki i utilizatsii snega v Moskve [The system solution of problems of cleaning and utilization of snow in Moscow]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*, 2015, no. 4, pp. 37-46.

7. Lagunov A.Ia. Snegotaialki: moskovskii opyt ekspluatatsii [Snow melting installations: moscow operating experience]. *Stroitel'nie i dorozhnye mashiny*, 2010, no. 2, pp. 56-61.

8. Ispolzovanie snegoplavil'noi tekhniki [Use of snow melting equipment], available at: http://yablor.ru/blogs/ispolzovanie-snegoplavilnoy-tehniki/4152876 (accessed 23 April 2016).

9. Snegoplavil'nye ustanovki [Snow melting installations], available at: http://www.svarka-kovka.ru/melting_snow1.php (accessed 28 April 2016).

10. Prokuratura oshtrafovala munitsipal'noe predpriiatie za nezakonnye svalki snega v Permi [Prosecutors fined municipal enterprise for the illegal dumping of snow in Perm], available at: http://www.business-class.su/news/2015/12/13/prokuratura-oshtrafovala-municipalnoe-predpriyatie-za-nezakonnye-svalki-snega-v-permi (accessed 11 May 2016).

11. Sbornik prognozov pogody. Srednegodovye temperatury i osadki po gorodam [Collection of weather forecasts. Average annual temperature and rainfall by years], available at: http://thermo.karelia.ru/weather/w_precips.shtml (accessed 18 May 2016).

12. Po doroge vplav': zasorennaia livnevka stanovitsia prichinoi potopov v Permi [On the way to swim: clogged storm drain is the cause of floods in Perm], available at: http://www.aif.ru/ugol/communal/po_doroge_vplav_zasorennaya_livnevka_stanovitsya_prichinoy_potopov_v_permi (accessed 19 May 2016).

13. Livnevaia kanalizatsiia Permi soderzhitsia nenadlezhashchim obrazom [Storm drain is kuping unright in Perm], available at: http://www.business-class.su/news/2015/12/24/prokuratura-livnevaya-kanalizaciya-v-permi-soderzhitsya-nenadlezhashchim-obrazom (accessed 21 May 2016).

14. Nikitin O.V., Latypova V.Z., Sabanaev R.N. [et al.]. O pravovykh aspektakh ekspluatatsii sistem otvedeniia poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territorii v vodnye ob"ekty [About legal aspects of operation of systems of assignment of a superficial drain with the selitebnykh of territories in water objects]. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ekologii*, 2015, no. 3, pp. 56-60.

15. Chertkov A. Mechtat' zhit' v Permi [To dream to live in Perm], available at: http://achert.livejournal.com/65007.html (accessed 27 May 2016).