

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ СНЕГА И ПРОГРЕССИВНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА НУР-СУЛТАНА

Ермеков М. Т., Рожкова О. В., Сандибекова С. Г., Толысбаев Е. Т.

CHALLENGES OF SNOW DISPOSAL AND INNOVATIVE SOLUTIONS IN THE CONDITIONS OF NUR-SULTAN

Yermekov M. T., Rozhkova O. V., Sandibekova S. G., Tolysbayev Ye. T.

Аннотация

Введение. Проанализированы различные способы утилизации снега в городских условиях. Рассмотрены наиболее экономичные и эффективные решения для уборки и утилизации снега с использованием тепла канализационных стоков посредством стационарных снегоплавильных пунктов (ССП) применительно к условиям г. Нур-Султана. Проанализированы преимущества и недостатки с привлечением специалистов предприятия «Астана су арнасы», ответственных за эксплуатацию городской канализационной системы, очистку и обеззараживание городских канализационных стоков. **Методы.** Рассмотрена возможность использования утилизации тепла канализационных стоков посредством тепловых насосов, успешно опробованного на предприятии очистки канализационных стоков и используемого для отопления вспомогательных помещений. Данный принцип применим и для СПП с отдельным отводом талых вод в ливневую канализацию. **Результаты.** Изучен практический опыт применения различных способов утилизации снежных масс в городских условиях. Наиболее перспективным способом для г. Нур-Султана, позволяющим снизить затраты, интенсифицировать процесс таяния снежной массы, нейтрализовать опасное влияние талых вод на окружающую среду, представляется утилизация снега канализационными стоками посредством создания специальных снегоплавильных комплексов, интегрированных с городской канализационной сетью. **Заключение.** Для успешного внедрения и использования в г. Нур-Султане способа утилизации снега канализационными стоками посредством создания специальных снегоплавильных комплексов необходимо провести ряд дополнительных исследований, связанных с влиянием на технологические процессы городских канализационных очистных сооружений, а также протестировать варианты разделения стоков с применением тепловых насосов и на основе проведенных исследований определиться с окончательной конфигурацией СПП комплексов.

Ключевые слова: утилизация снега, канализационные очистные сооружения, стационарные снегоплавильные пункты, сточные воды, уборка снега, г. Нур-Султан.

Abstract

Introduction. In this paper, we analyze various methods of snow removal in urban areas and consider the most cost-effective and efficient solutions for snow removal and disposal using heat from sewage drains by means of stationary snow-melting points (SMP) in Nur-Sultan. In cooperation with Astana su Arnasy specialists, responsible for the operation of the city sewer system, as well as cleaning and disinfection of urban sewage drains, we reviewed the main advantages and disadvantages. **Methods.** The paper looks into the possibility of utilizing heat from sewage drains with the help of heat pumps. This method has been successfully tested at a sewage treatment plant and is currently used to heat auxiliary premises. The same principle can be applied in SMPs with a separate discharge of meltwater to the storm sewer. **Results.** Having studied the experience of using various methods for snow removal in urban areas, we find that snow removal with the use of sewage drains through the creation of special snow-melting complexes integrated with the city sewer system is the most promising method for Nur-Sultan since it allows for reducing costs, intensifying the process of snow melting, and eliminating the hazardous impact of meltwater on the environment. **Conclusion.** To ensure successful implementation and use of this snow removal method in Nur-Sultan, it is required to conduct a number of additional studies on the impact of sewage treatment plants on the technological processes, as well as to test options for separating sewage drains with the help of heat pumps, and, based on the studies conducted, to determine the final configuration of snow-melting complexes.

Keywords: snow disposal, sewage treatment plants, stationary snow melting points, wastewater, snow removal, Nur-Sultan.

Введение

Северный Казахстан традиционно является регионом, в котором снегопады влияют на жизненный уклад. Продолжительность и интенсивность снежных осадков стала возрастать вследствие глобальных климатических изменений. Подобные изменения отражаются на состоянии дорог и в целом на всей транспортной системе, тем самым затрудняя передвижение не только автомобильного транспорта, но и пешеходов.

В то же время уборка снега — существенная статья затрат бюджета, а качество и скорость уборки непосредственно влияют на оценку обычными обывателями действий городских властей. В этой связи применение экономичных и эффективных решений для уборки и утилизации снега с городской территории является одной из приоритетных задач муниципальных служб.

Зима 2019–2020 гг. в г. Нур-Султане выдалась снежной. По данным РГП «Казгидромет» таких снегопадов в столице не было с 1964 года. Так, в январе выпала трехмесячная норма снега. В борьбе со снегом ежедневно были задействованы тысячи единиц специальной техники, включая технику из материального резерва, и сотни дорожных рабочих. С начала снежного периода, с 4 ноября 2019 г. по февраль 2020 г., из г. Нур-Султана вывезено 3 млн 13 тыс. м³ снега, что составляет порядка 250,3 тысяч рейсов грузовых машин.

Под давлением колес автомобильного транспорта и влиянием различных погодных условий снег на дорогах быстро уплотняется и затвердевает, меняя при этом свои механические свойства. Таким образом, даже при малом количестве снежных осадков на дорожных покрытиях заметно ухудшаются условия безопасности транспортного движения за счет увеличения площади скольжения и неровности дорожного полотна.

Главным подрядчиком по уборке улиц г. Нур-Султана является ТОО «Астана-Тазалык», которое отвечает за большинство магистральных дорог. Снег вывозится на четыре полигона: в районах «Сарыарка», «Байконыр», «Алматы» и один в районе «Есиль» [14].

Методы и материалы

В г. Нур-Султане применяется традиционный способ снегоуборки с улиц, подразумевающий механизированную очистку, подсыпку соли

и песка или других химических реагентов и вывоз снега на полигоны или более новое — плавление снега с помощью мобильных снегоплавильных установок. Плавление снега, с одной стороны, позволяет разгружать близлежащие полигоны, что уменьшает пробег автомашин, с другой — снижать риски затопления во время весеннего половодья.

По данным Акимата г. Нур-Султана в нем функционируют три мобильных снегоплавильные машины (рис. 1), работающие на дизельном топливе [7].

Максимально эффективный термический процесс сгорания топлива КПД составляет 95–98 %. За час можно переработать на одной установке от 250 до 450 м³ снега в зависимости от его плотности. Установки в основном используются для утилизации свежеснегавшего снега с наименьшим количеством примесей. Учитывая, что снег идет с примесью песка и химических веществ, полученную воду очищают и только после этого сбрасывают непосредственно в р. Ишим. Плот-



Рис. 1. Мобильная снегоплавильная машина TRECAN 135-PD (Канада)

ный слежавшийся снег отправляется на полигон [10].

Традиционные способы имеют ряд существенных недостатков. В частности, в период обильных снегопадов возникает дефицит рабочей силы и снегоуборочной техники; полигоны расположены далеко от центра города, что дает дополнительную нагрузку на городские транспортные магистрали; негативное влияние на качество дорожного полотна; загрязненность снежных масс; наличие большегрузного транспорта. Также снег активно впитывает вещества из воздуха, что приводит к концентрации в нем различных токсичных веществ, накапливающихся вблизи автомагистралей и пешеходных тротуаров приблизительно в 2–3 раза большем количестве, чем в воздухе. С наступлением солнечных дней этот снег начинает обильно таять, образуя токсичные талые воды, которые загрязняют почву и грунтовые воды [8].

Также традиционный способ снегоуборки является одним из дорогостоящих. Например, в среднем грузовик проезжает 20 км из центра города до полигона, что с учетом обратной дороги составляет 40 км или 10,012 млн км за весь период. Если принять средний расход топлива 30 литров на 100 км получится 3,004 млн литров, в пересчете на стоимость зимнего дизельного топлива (по состоянию на 2020 год минимально 212 тенге) составляет 636,8 млн тенге. Если добавить расходы, связанные с заработной платой персонала, арендой (амортизацией) техники, а ежедневно в зимний период на улицы города выходило около 850 единиц снегоуборочной техники, 14 бригад по ручной уборке улиц общей численностью 442 человек, то процесс уборки снега становится практически золотым, что и отражается на портале государственных закупок, в котором за услуги по вывозу и утилизации снега в столице в 2019 году было заявлено 3,7 млрд тенге, а с учетом снежной зимы в 2020 году уже 18 млрд тенге. Таким образом, если в 2019 году стоимость вывоза и утилизации одного кубометра составляла 1228 тенге, то в этом году ожидается ее пятикратное увеличение.

С учетом перечисленного, а также темпов строительства и притока населения в столице, перспективным выглядит внедрение альтерна-

тивных решений с учетом опыта городов с аналогичными климатическими условиями.

В некоторых развитых странах, где ежегодно наблюдаются обильные снегопады, широкое распространение получили технологии, связанные с подогревом автомобильных дорог и прилегающих тротуарных зон. Япония — одна из таких стран, где уже применяются данные технологические решения. В северных регионах государства климат достаточно суровый, с ярко выраженной зимой, низкими температурами и обильными снегопадами. На объектах дорожного хозяйства запрещено применение технологии зимней уборки с использованием противогололедных химических реагентов, зато широко используются технологии подогрева. Данная технология по своим конструктивным особенностям очень похожа на известную технологию «теплого пола», когда при монтаже под внешнее покрытие укладывается сетка с нагревательным элементом. Снежные осадки тают, не образуя сугробов или ледяной корки, что позволяет существенно облегчить жизнь водителям и пешеходам, ну и, конечно же, работникам коммунальных служб. Этот опыт был внедрен в Канаде, США, Финляндии, Норвегии и в ряде других стран. В Исландии, например, в качестве источника тепла применяются геотермальные воды, а в других странах гораздо чаще применяют систему электроподогрева, например в Финляндии. При электроподогреве дорожного покрытия снег превращается в воду и стекает в городскую канализационную систему (рис. 2).



Рис. 2. Технология подогрева асфальта

Электроподогрев дорожного покрытия, несмотря на высокую стоимость на этапе строительства, имеет достаточно длительный срок эксплуатации. Так как почва под покрытием не промерзает, то она не подвержена силам морозного пучения и в порах и трещинах полностью отсутствует образование льда. Так как нет необходимости использовать спецтехнику для очистки дорог, эксплуатационные сроки покрытия значительно увеличились [12]. Данная технология заслуживает пристального внимания городских властей г. Нур-Султана, особенно применительно к бульварам и скверам, где снегоуборочная техника может нанести существенный урон дорогим облицовочным покрытиям. Применяя технологию электроподогрева дорожного покрытия совместно с использованием компактных ветрогенераторов в качестве источников энергии, преимущество которых налицо из-за большого количества ветреных дней и отсутствия необходимости аккумулялирующего оборудования, удорожающего выработку энергии, делает ее не только эффективной, но и экономически целесообразной.

Другая альтернатива для плавления снега при проведении снегоуборочных работ (промышленные, городские, складские и торговые территории) — использование тепла канализационных стоков посредством стационарных снегопла-

вильных пунктов (ССП), которые получили распространение в России и Белоруссии.

Результаты исследований и обсуждение

Утилизация твердых осадков в ССП оказалась экономически целесообразной для крупных городов, в которых генерируется большой объем бытовых канализационных стоков. Основной принцип действия таких ССП заключается в том, что имеющееся тепло сточных вод позволяет растапливать снежные массы, которые подаются в снегоприемные камеры, ведь даже в зимний период температура сточных вод составляет примерно от +16 до +18 °С. Образовавшаяся талая вода от снежных масс в процессе смешивания со сточными водами поступает на канализационные очистные сооружения, где происходит полный комплекс химической и биологической очистки, чего нельзя сказать про воду, сливаемую в настоящее время в р. Ишим мобильными снегоплавильными установками.

За сутки один такой пункт способен растопить не менее 7 тыс. м³ снега. В некоторых моделях ССП в качестве источника тепла вместе со сточными водами можно применить резервный источник тепла, в котором в случаях недостатка тепла от основного источника предусмотрено автоматическое включение резервного источника тепла от котельной (рис. 3) [5, 6].

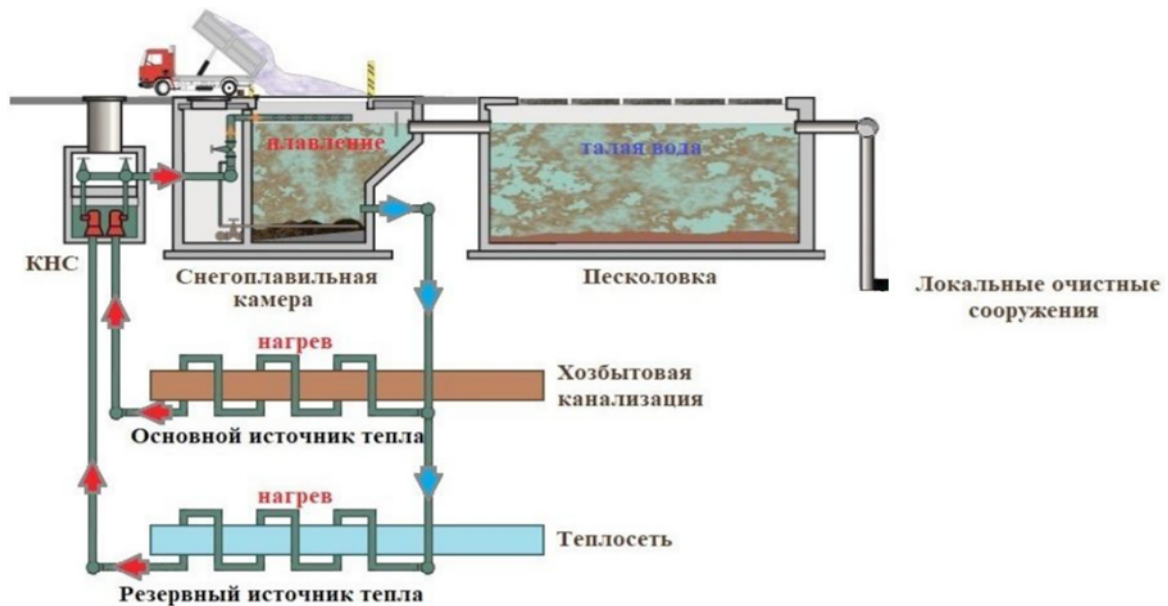


Рис. 3. Схема ССП с резервным источником тепла

Принципиальная схема ССП состоит из следующих основных модулей:

- дробилки снега;
- снегоплавильная камера;
- механизм для сбора мусора;
- механизм для сбора мелкодисперсного осадка (песколовки);
- пульт управления;
- автоматическая система управления технологическим процессом [3, 9].

В табл. 1 показаны основные технические и эксплуатационные характеристики ССП.

Один из главных факторов для оптимального размещения ССП — их расположение возле коллекторов сточных вод, так как необходимым условием является высокая скорость водного потока (не менее 0,5 м³/с), а также наличие свободных площадок для удобного подъезда автотранспорта и необходимые размеры санитарно-защитной зоны.

Этапы организации работы ССП (рис. 4):

- въезд грузовика со снегом на площадку ССП;
- подача снега на дробилки;
- дробление снега и отсеивание крупногабаритного мусора;
- подача снега в снегоплавильную камеру, где тает снег под воздействием тепла сточных вод;
- очистка водных масс в песколовках (песок под действием силы тяжести выпадает на дно, благодаря чему не происходит заиливание канализационных коллекторов);
- сбор плавающего мусора специальными устройствами, после чего выгружается в контейнеры для утилизации [13, 15].

Далее через крупноячеистую решетку проходит поток талой воды, где непосредственно на решетках задерживается различный мусор крупного размера (например, пластиковые бутылки и т.п.). Основной мелкофракционный мусор удерживается на песколовках. Таким образом, вся жидкость от талого снега попадает в водный коллектор, где и происходит ее дальнейшая очистка [1]. Весь задержанный в песколовках осадок извлекается и транспортируется на полигон за сезон примерно от 2 до 4 раз.

От момента выгрузки снежной массы и до ее полного растворения в коллекторе проходит примерно 3-4 минуты. В зависимости от степени загрязнения снега производительность ССП составляет около 10 тыс. м³/сут снежной массы.

Ориентировочная стоимость ССП составляет 800–900 млн тенге. В стоимость входят:

- проектные и изыскательские работы с учетом стоимости проектирования ЛОС и согласования с государственными надзорными органами;
- строительство железобетонных сооружений снегоплавильного бункера;
- стоимость оборудования с основным источником тепла;
- монтажные и пуско-наладочные работы;
- транспортные расходы;
- снегодробильный комплекс;
- строительство инженерных сетей (электросеть, теплосеть, водопровод, бытовая и ливневая канализация);
- устройство внутренней подъездной дороги с площадкой для плавления снега ($S = 3600 \text{ м}^2$);

Таблица 1

Основные технические и эксплуатационные характеристики ССП

Источник тепловой энергии	Канализационные сточные воды
Расчетная тепловая мощность установки, макс.	8000 кВт
Объемная производительность по снегу (плотность снега – 300 кг/м ³), не менее	250 м ³ /ч
Температура теплоносителя (канализационная вода) на входе, не менее	18 °С
Температура теплоносителя (канализационная вода) на выходе, не менее	5 °С
Расход теплоносителя (канализационная вода) через установку, не более	700 м ³ /ч
Слив талой воды, не более	75 м ³ /ч
Электропитание	3 фазы 380 В, 50 Гц
Установленная электрическая мощность (с учетом снегодробилок)	100 кВт
Потребляемая электрическая мощность (с учетом снегодробилок)	100 кВт
Управление	Автоматизированное, местное

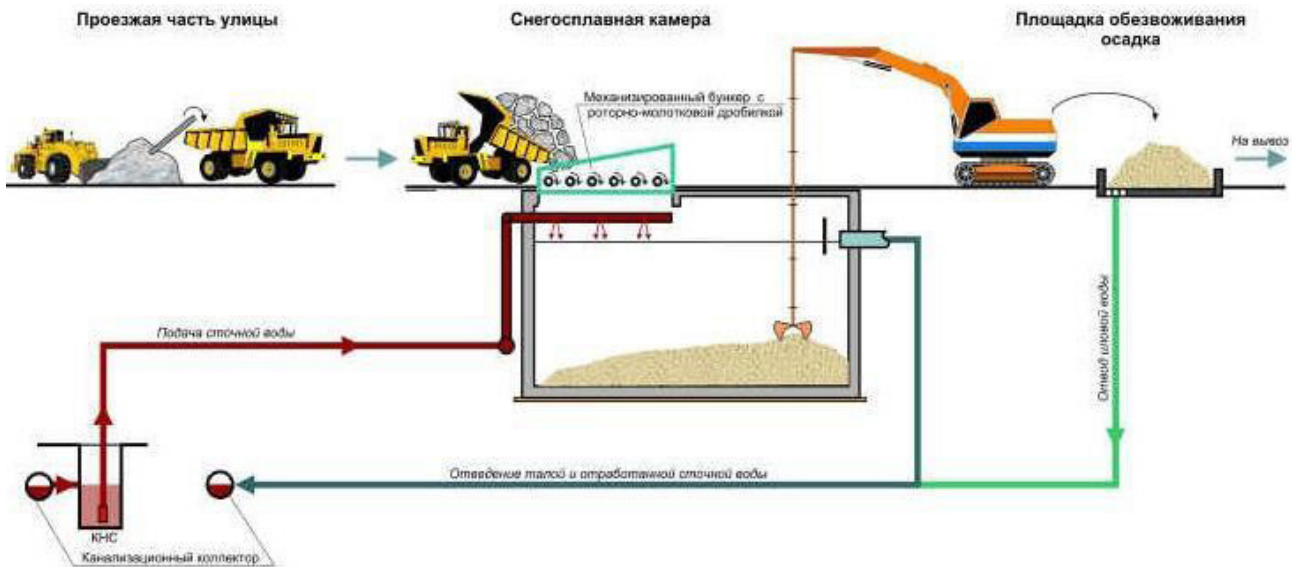


Рис. 4. Схема утилизации снега в ССП

- устройство площадки для временного складирования снега (асфальтобетонное покрытие на основании из щебня и песка с гидроизоляцией, включая осушение и замену местных грунтов с обваловкой по периметру $S = 11\ 100\ \text{м}^2$);
- установка поста охраны и возведение бытового модульного здания;
- устройство наружного освещения и видеонаблюдения;
- устройство внешней подъездной дороги ($S = 700\ \text{м}^2$).

Дополнительных энергозатрат при этом не требуется, электроэнергия необходима только для обеспечения работы дробилок и насосной станции.



Рис. 5. Прием снега на ССП

На примере российского опыта тариф на прием и утилизацию снежных масс с дальнейшей транспортировкой и очисткой образовавшихся сточных вод будет составлять порядка 200 тенге/м³, что в пересчете на объем 2019 года составляет 602,6 млн тенге в стоимости которого эксплуатационные расходы на содержание ССП и затраты коммунальных служб, занимающихся канализационными стоками и очисткой сточных вод. В сравнении со стоимостью затрат на кубометр снега в 2019 году остается еще 625,4 тенге для уборки с улиц и доставки снега до ССП.

При кажущейся слабой экономике происходит существенное снижение затрат за счет расположения ССП в черте города, что сокращает время на транспортировку, уменьшается количество задействованной техники, топлива на единицу снега и т. д. Таким образом, коммунальные службы получают дополнительные средства на содержание очистительных систем, в результате чего снижается риск затопления весной. Наряду с экономическим эффектом важную роль играют экологические аспекты.

Известно, что снег, находящийся на поверхности земли короткое время, способен адсорбировать и накапливать из воздуха, а также с дорожных покрытий нефтесодержащие продукты, противогололедные химические реагенты и тяжелые металлы. Естественно, что при традиционном складировании на снежных полигонах

таких токсичных масс и при их дальнейшем естественном таянии будет происходить неминуемое загрязнение почвы, а также поверхностных и подземных вод, что негативно повлияет на общее состояние окружающей среды [11].

В табл. 2 приведены данные о содержании загрязнений снежных масс, которые подтверждают, что в снежных массах накапливается большое содержание тяжелых металлов, концентрация которых может превышать ПДК в 1,5–330 раз больше и др. [2].

Объем снега, который ежегодно вывозится с территории г. Нур-Султана, составляет примерно 35 млн м³/год. По расчетам специалистов, каждый сезон в реки со снегом может сбрасываться до 50 тыс. т минеральных и биологических загрязнений и 300 т нефтепродуктов.

Поэтому в рамках проводимых государственных программ, которые направлены на охрану окружающей среды, весь объем городского снега необходимо направлять на переработку и дальнейшую полную очистку на стационарные снегоплавильные пункты.

Тем не менее, при внедрении технологии утилизации снега путем использования ССП ожидаются определенные сложности. Так, согласно теплотехническим расчетам снегоплавильной камеры, использование тепла сточной жидкости в ССП выражается изменением разности температур поступающей и отводимой сточной жидкости. Теплоотдача сточной жидкости зависит от интенсивности загрузки снега, а также от условий, обеспечивающих непосредственный контакт снежной массы с водой. Все процессы теплопотери через строительные конструкции, испарение с поверхности воды и т. д. принимаются равными 15 %. Температура отводимых сточных вод принимается с запасом, равной +2 °С.

Возможность использования технологии утилизации снега посредством использования тепла канализационных стоков применительно к условиям г. Нур-Султана была проанализирована совместно со специалистами Государственного казенного предприятия на праве хозяйственного ведения «Астана су арнасы» (далее ГКП на ПХВ «Астана су арнасы»), ответственными за эксплу-

Таблица 2

Показатели загрязнений в снеге с дорожных покрытий Москвы и значения ПДК при его утилизации

Показатели загрязнений	Концентрации загрязнений, мг/л				
	в объеме снега		ПДК при сбросе		
	среднее значение	максимальное значение	в водоемы рыбхоз. назначения	в водоемы для хоз.-пит. и культ.-быт. назначения	в московскую городскую канализацию
Взвешенные вещества	974,3	3500	7,25	Увеличение концентрации не более чем на 0,75	500
Биохимическое потребление кислорода (БПКполн.)	3,5	14,7	3	6	500
Химическое потребление кислорода (ХПК)	135,6	190	30	30	800
Азот аммонийный	1,58	3,5	0,5	2,57	20
Сухой остаток	–	–	–	1000	2000
Нефтепродукты	23,8	64	0,05	0,3	4
Хлориды	1386,8	5500	300	350	350
Железо общее	1,4	2,996	0,1	0,3	3
Медь	0,027	–	0,001	1	0,5
Цинк	0,09	0,269	0,01	1	2
Никель	0,003	0,007	0,01	0,02	0,5
Свинец	0,02	0,183	0,006	0,03	0,1
Кадмий	0,0004	0,004	0,005	0,001	0,01
Алюминий	0,04	0,44	0,04	0,5	1

атацию городской канализационной системы, очистку и обеззараживание стоков. Технология использования тепла канализационных стоков с 2018 г. успешно применяется на предприятии ГКП «Астана су арнасы» для отопления склада, помещения реагентного хозяйства блока доочистки и бытового корпуса станции канализационных очистных сооружений (далее КОС) посредством использования тепловых насосов, с максимальной тепловой мощностью одного насоса 301 кВт/ч. Этот же принцип можно применить и для ССП. Появилась возможность разделить канализационные и талые воды с отводом их в ливневую канализацию [4].

Заключение

Рассмотрен вариант использования канализационных стоков для плавления снега с дальнейшим направлением объединенных стоков в городскую канализационную систему. Возможны следующие сценарии развития ситуации на КОС г. Нур-Султана.

1. Поступающие на канализационные очистные сооружения ГКП «Астана су арнасы» хозяйственно-бытовые сточные воды г. Нур-Султана имеют низкое содержание органики, а именно биологическое потребление кислорода (далее БПК), при этом концентрация биогенных загрязнений за последние 5 лет значительно увеличилась. Основным этапом очистки на канализационных сооружениях является биологическая очистка с применением активного ила. Низкое содержание БПК недостаточно для глубокой очистки в аэротенках от биогенных загрязнений, таких как фосфаты и азотная группа. При разбавлении сливных вод растаявшим снегом концентрация БПК в поступающих стоках снизится, что неблагоприятно скажется на процессе дальнейшей биологической очистки.

2. Сливные воды от таяния снега содержат высокие концентрации по хлоридам. В табл. 2 указано максимальное значение по хлоридам, которое составило 5500 мг/л, что превышает нормы на сброс в городскую канализационную сеть. Согласно методике расчета допустимых концентраций вредных веществ в производственных сточных водах, сбрасываемых в системы водоотведения населенных пунктов и расчета оплаты за дополнительную очистку при их превышении норма по хлоридам составляет 350 мг/л. Необходи-

димо учесть, что хлориды являются транзитным загрязняющим веществом, концентрация которого в процессе классической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод не снижается. Таким образом, разбавление канализационных стоков с водами от таяния снега в ССП приведет к превышению концентрации хлоридов в очищенных сточных водах. Допустимая концентрация на водовыпуск составляет 346,33 мг/л.

3. В составе сливных вод от таяния снега на ССП наблюдается высокое содержание нефтепродуктов. В табл. 2 показано, что концентрация нефтепродуктов составляет 64 мг/л. Такого рода стоки могут привести к нарушению технологического процесса на очистных сооружениях.

4. Температура сливных вод с ССП гораздо ниже температуры хозяйственно-бытовых сточных вод. В зимний период снижение температуры стоков на пару градусов приведет к нарушению процесса биологической очистки с применением активного ила. Микроорганизмы активного ила при снижении температуры сточных вод уходят в анабиоз, из-за чего ухудшается качество очистки.

5. Производительность очистных сооружений составляет 254 тыс. м³/сут, на данный момент загруженность сооружений — 95 %, в паводковый период количество поступающих сточных вод превышает производительность сооружений, работающих с дополнительной нагрузкой. КОС не может принять дополнительную гидравлическую нагрузку в виде сливных вод с ССП.

Таким образом, изучив практический опыт применения различных способов утилизации снежных масс, способ утилизации снега посредством создания специальных снегоплавильных комплексов канализационными стоками в условиях г. Нур-Султана представляется наиболее перспективным, позволяющим снизить затраты, интенсифицировать процесс таяния снежной массы, нейтрализовать опасное влияние талых вод на окружающую среду. Однако для ее непосредственной реализации необходимо провести ряд исследований, связанных с влиянием на технологические процессы городских канализационных очистных сооружений и протестировать варианты разделения стоков с применением тепловых насосов и на основе проведенных исследований определиться с окончательной конфигурацией ССП. В дальнейшем все проводимые

работы по реконструкции очистных сооружений, связанные с увеличением их производительности, следует рассматривать в связке с технологиями по утилизации снега с применением тепла канализационных стоков.

Благодарность. Коллектив авторов выражает искреннюю признательность сотрудникам ГКП на ПХВ «Астана су арнасы» г. Нур-Султана, в частности ведущему инженеру-технологу канализационных очистных сооружений Ф. Ж. Алдынгуровой и начальнику химической лаборатории С. Н. Меркурьевой за оказанную консультационную помощь в выполнении данной работы.

Литература

1. Абдалов, Р. Р., Сонич, В. Ф. и Гришкова, А. В. (2013). Альтернативный способ утилизации снега. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура, № 1, сс. 7–13.
2. Воронов, Ю. В., Дерюшев, Л. Г. и Дерюшева, Н. Л. (2013). Вопросы проектирования стационарных снегоплавильных пунктов. Сантехника, № 2, сс. 26–29.
3. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» (2016). Стационарный снегоплавильный пункт. [online]. Доступно по ссылке: http://www.vodokanal.spb.ru/kanalizovanie/utilisaziya_snega/ssp [Дата доступа: 21.04.2016].
4. Ермеков, М. Т., Рожкова, О. В., Толысбаев, Е. Т., Жакипбеков, Ж. Н., Меркурьева, С. Н., Шефер, В. И. и Иванович, В. В. (2020). Проблемы и пути решения утилизации илового шлама на канализационных очистных сооружениях г. Нур-Султан. Известия НАН РК. Серия химии и технологии, № 5 (443), сс. 71–76. DOI: 10.32014/2020.2518-1491.82.
5. Жапаркулова, Е. Д., Ануарбеков, К. К., Калиева, К. Е., Абикенова, С. М. и Радзевичус А. (2019). Степень очистки сточных вод при различных режимах орошения. Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук, № 3 (435), сс. 96–101. DOI: 10.32014/2019.2518-170X.73.
6. Кучин, В. Н., Юрченко, В. В., Калинин, А. А., Никонова, Т. Ю., Кибек, А. С. и Иванов, С. С. (2019). Разработка установки для плавления снежных масс на принципе дисперсии. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. Технические науки, № 10, сс. 335–339.
7. Меркатор (2014). Снегоплавильная установка TRECAN 135-PD [online]. Доступно по ссылке: http://special-machine.ru/m_trecan_135pd.html [Дата доступа: 19.05.2014].
8. Сахапов, Р. Л., Махмутов, М. М. и Махмутов, М. М. (2016). Обзор исследований по взаимодействию снежного покрова с различными рабочими органами коммунальных машин. Известия Самарского научного центра РАН, Т. 18, № 1 (2), сс. 432–434.
9. Селех, Е. В. и Судникович, В. Г. (2015). Технология устройства снегоплавильных пунктов на основе рекуперации тепла сточных вод при реконструкции существующих сетей канализации. Известия вузов. Технические науки. Строительство, № 2 (13), сс. 93–98.

10. Сериков, Д. (2020). Плавлению снега в столице предпочли его вывоз. [online]. Dalainform.kz. Доступно по ссылке: https://dalainform.kz/plavleniyu-snega-v-stolicze-predpochli-ego-vyvoz/?fbclid=IwAR3Tp_1QzzQ2XT7_Y7l2GdAXMZHSvqfVWQkwOiyYBTdFZyaHNMH9-A2TImE [Дата обращения: 18.11.2020].

11. Строкин, А. С., Чудайкин, А. Д. и Поляков, Р. С. (2019). Экологические проблемы утилизации снега в городе. Высокие технологии в строительном комплексе, № 2, сс. 56–60.

12. Фролова, О. (2018). Дороги с подогревом: практическое решение для стран с холодным климатом. [online] TravelAsk. Доступно по ссылке: <https://travelask.ru/blog/posts/13638-dorogi-s-podogrevom-praktichnoe-reshenie-dlya-stran-s-holodn> [Дата обращения 25.09.2018].

13. Храменков, С. В., Пахомов, А. Н., Богомолов, М. В., Данилович, Д. А., Ромашкин, О. В., Пупырев, Е. И. и Корецкий, В. Е. (2008). Системы удаления снега с использованием городской канализации. Водоснабжение и санитарная техника, № 10, сс. 19–30.

14. Elorda. info (2020). Как плавят снег в столице, рассказали в ТОО «Астана тазалык» [online]. Доступно по ссылке: <https://elorda.info/city/04022020/123030/735.html> [Дата обращения: 04.02.2020].

15. Recycle. net (2020). Снегоплавильные установки: виды, устройство и принцип работы машины-снеготаялки [online]. Доступно по ссылке: <https://recycle.net/sneg-i-led/snegoplavilnaya-tehnika/ustanovki-vidy-ustrojstvo-i-princip-raboty> [Дата обращения 17.06.2020].

Reference

1. Abdalov, R. R., Sonich, V. F. and Grishkova, A. V. (2013). Alternative method of snow utilization. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Construction and Architecture*, No 1, pp. 7–13.
2. Voronov, Yu. V., Deryushev, L. G. and Deryusheva, N. L. (2013). Design issues of stationary snow-melting stations. *Santekhnika*, No. 2, pp. 26–29.
3. State Unitary Enterprise “Vodokanal of Saint Petersburg” (2016). *Stationary snow-melting station*. [online]. Available at: http://www.vodokanal.spb.ru/kanalizovanie/utilisaziya_snega/ssp [Date accessed 21.04.2016].
4. Yermekov, M. T., Rozhkova, O. V., Tolysbayev, Ye. T., Zhakipbekov, Zh. N., Merkureva, S. N., Schefer, V. I. and Ivanovich V. V. (2020). Problems and solutions of the silt sludge utilization issues at waste treatment facilities of Nur-Sultan city. *News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series: Chemistry and Technology*, No. 5 (443), pp. 71–76. DOI: 10.32014/2020.2518-1491.82.
5. Zhaparkulova, Y. D., Anuarbekov, K. K., Kaliyeva, K. E., Abikenova, S. M. and Radzevicius A. (2019). Purification degrees of waste water under different irrigation regimes. *News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*, No. 3 (435), pp. 96–101. DOI: 10.32014/2019.2518-170X.73.
6. Kuchin, V. N., Yurchenko, V. V., Kalinin, A. A., Nikonova, T. Yu., Kibeko, A. S. and Ivanov, S. S. (2019). Development of an installation for melting snow masses on the principle of dispersion. *International Journal of Applied and Fundamental Research. Technical Sciences*, No. 10, pp. 335–339.

7. Merkator (2014). TRECAN 135-PD snowmelter [online]. Available at: http://special-machine.ru/m_trecan_135pd.html [Date accessed 19.05.2014].

8. Sakhapov, R. L., Malhmutov, M. M. and Makhmutov, M. M. (2016). Review of researches on interaction of snow cover by various working bodies of utility machines. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, Vol. 18, No. 1 (2), pp. 432–434.

9. Selek, E. V. and Sudnikov, V. G. (2015). Technical process of facility of snowmelting points on the basis of heat recovery of sewage waters during reconstruction of existing sewage networks. *Proceedings of Universities. Technical Sciences. Construction*, No. 2 (13), pp. 93–98.

10. Serikov, D. (2020). Snow removal is preferred to snow melting in the capital. [online] Dalainform.kz. Available at: https://dalainform.kz/plavleniyu-snega-v-stolicze-predpochli-ego-vyvoz/?fbclid=IwAR3Tp_1QzzQ2XT7Y712GdAXMZHSvqfVWQkwoiyYBTdFZyaHNMH9-A2TImE [Date accessed November 18, 2020].

11. Strokin, A. S., Chudaikin, A. D. and Poliakov, R. S. (2019). The environmental problem of disposing of snow in the city. *High Technologies in Construction Complex*, No. 2, pp. 56–60.

12. Frolova, O. (2018). Heated roads: an efficient solution for countries with cold climates [online]. Travel Ask. Available at: <https://travelask.ru/blog/posts/13638-dorogi-s-podogrevom-praktichnoe-reshenie-dlya-stran-s-holodn> [Date accessed 25.09.2018].

13. Khramenkov, S. V., Pakhomov, A. N., Bogomolov, M. V., Danilovich, D. A., Romashkin, O. V., Pupyrev, E. I. and Koretsky, V. E. (2008). Snow removal systems with the use of city sewerage. *Water Supply and Sanitary Technique*, No. 10, pp. 19–30.

14. Elorda.info (2020). Astana Tazalyk: methods of snow melting in the capital. [online]. Available at: <https://elorda.info/city/04022020/123030/735.html> [Date accessed February 4, 2020].

15. Recycle. net (2020). Snowmelters: types, design, and operation. [online]. Available at: <https://recycle.net/sneg-i-led/snegoplavilnaya-tehnika/ustanovki-vidy-ustrojstvo-i-princip-raboty> [Date accessed 17.06.2020].

Авторы

Ермеков Марат Тегинбаевич

АО «Научно-технологический центр “Парасат”», г. Нур-Султан, Казахстан

E-mail: yermekov.m@parasat.kz

Рожкова Ольга Владимировна, д-р хим. наук, профессор
Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина,

АО «Научно-технологический центр “Парасат”», г. Нур-Султан, Казахстан

E-mail: rozhkova.o@parasat.kz

Сандибекова Сауле Газизовна

АО «Научно-технологический центр “Парасат”», г. Нур-Султан, Казахстан

E-mail: sandibekova.s@parasat.kz

Толысбаев Ерлан Токтанович, канд. экон. наук,
АО «Научно-технологический центр “Парасат”», г. Нур-Султан, Казахстан

E-mail: 1115263@mail.ru

Authors

Marat Teginbayevich Yermekov

Parasat Scientific and Technological Center AO, Nur-Sultan, Kazakhstan

E-mail: yermekov.m@parasat.kz

Olga Vladimirovna Rozhkova, DSc in Chemistry, Professor
Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
Parasat Scientific and Technological Center AO, Nur-Sultan, Kazakhstan

E-mail: rozhkova.o@parasat.kz

Saule Gazizovna Sandibekova

Parasat Scientific and Technological Center AO, Nur-Sultan, Kazakhstan

E-mail: sandibekova.s@parasat.kz

Yerlan Toktanovich Tolysbayev, PhD in Economics
Parasat Scientific and Technological Center AO, Nur-Sultan, Kazakhstan

E-mail: 1115263@mail.ru