

УДК 625.768.55:628.312.004.1

С. В. ХРАМЕНКОВ¹, А. Н. ПАХОМОВ², М. В. БОГОМОЛОВ³, Д. А. ДАНИЛОВИЧ⁴,
О. В. РОМАШКИН⁵, Е. И. ПУПЫРЕВ⁶, В. Е. КОРЕЦКИЙ⁷

Системы удаления снега с использованием городской канализации

Одной из задач городской канализации является отведение с территории города выпавших в виде дождя атмосферных осадков. В зависимости от выбранного принципа системы водоотведения атмосферные осадки направляются либо в общесплавную сеть, либо в отдельную ливнесточную сеть.

В большинстве регионов Российской Федерации значительная часть осадков выпадает в виде снега и не отводится самостоятельно. В Москве, одном из крупнейших городов мира, расположенном севернее 55-й широты, продолжительность снежного периода может составлять до 160 дней в году. За это время выпадает до 190 см неуплотненного снега. Общая фактически убираемая от сне-

га площадь в городе составляет более 80 км², общий объем неуплотненного снега, ежегодно выпадающего на эту территорию, превышает 100 млн. м³. Поэтому очистка города от снега является одной из основных задач служб коммунального хозяйства Москвы. При этом снег, удаляемый с большинства городских улиц и магистралей, нельзя оставлять на прилегающих территориях, его необходимо вывозить и утилизировать.

Свойства и количество снега, убираемого с городских улиц. Основным показателем, характеризующим свойства снега при его обработке, является насыпная плотность, или объемный вес. Этот показатель важен как для расчета количества

снега, вывозимого автотранспортом, так и для определения количества тепла, необходимого для его плавления. Плотность снега зависит от того, насколько долго он находился в отвале на улицах города или на снегосвалке. При этом определяющим фактором являются погодные условия.

Свежевыпавший снег имеет рыхлую структуру с разветвленными кристаллами. Такая структура содержит большое количество воздуха и имеет соответственно малый удельный вес — порядка 0,2 кг/дм³. Вылеживание свежевыпавшего снега приводит к его уплотнению до 0,3–0,35 кг/дм³.

Длительное вымораживание снега способствует образованию достаточно крупных,

¹ Храменков Станислав Владимирович, кандидат технических наук, генеральный директор МГУП «Мосводоканал» 105005, Москва, Плетешковский пер., 2, тел.: (499) 742-96-96, e-mail: post@mosvodokanal.ru

² Пахомов Анатолий Николаевич, первый заместитель генерального директора — начальник Управления канализации, МГУП «Мосводоканал»

Тел.: (499) 261-23-84, e-mail: secret3@mosvodokanal.ru

³ Богомолов Михаил Валерьевич, начальник Производственно-эксплуатационного управления канализационной сети, МГУП «Мосводоканал»

Тел.: (499) 263-91-51, e-mail: bogomolov@mosvodokanal.ru

⁴ Данилович Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, главный технолог Управления канализации, МГУП «Мосводоканал»

Тел.: (499) 261-03-62, e-mail: da_danilovich@mail.ru

⁵ Ромашкин Олег Вячеславович, исполняющий обязанности начальника Службы по эксплуатации снегосплавных пунктов ПЭУ канализационной сети, МГУП «Мосводоканал»

Тел.: (499) 263-93-89, e-mail: orov@mosvodokanal.ru

⁶ Пупырев Евгений Иванович, доктор технических наук, профессор, директор ГУП «МосводоканалНИИпроект» 105005, Москва, Плетешковский пер., 22, тел.: (499) 261-53-84, e-mail: post@mvkniipr.ru

⁷ Корецкий Владимир Евгеньевич, кандидат экономических наук, заместитель директора по экономике, ГУП «МосводоканалНИИпроект»

Тел.: (499) 261-53-84, e-mail: post@mvkniipr.ru

плотно спрессованных кристаллов. При складировании снега давление вышележащих слоев на нижележащие стимулирует консолидационные процессы. Насыпной вес такого снега колеблется от 0,35 (при залегании тонким слоем) до 0,5 кг/дм³ (в отвале или на снегосвалке). Вымораживание с периодическим таянием (в том числе благодаря применению противогололедных реагентов) приводит к оплыванию отдельных кристаллов и формированию снежно-ледяной массы плотностью 0,55–0,85 кг/дм³, все более приближающейся по плотности к льду (0,9 кг/дм³). Особенно плотным является так называемый скол — уплотненный, неоднократно подтаявший и замерзший снег, удаляемый с улиц в конце зимы. Его плотность колеблется в пределах от 0,7 до 0,85 кг/дм³.

Убираемый с улиц города снег представляет собой специфическую физико-химическую субстанцию — загрязненную снежно-ледяную массу. Основными загрязнениями являются грубодисперсные вещества (уличный мусор, песок, гравийные фракции, образовавшиеся от разрушения дорожных покрытий), взвешенные вещества (глинистые и почвенные частицы), нефтепродукты и хлориды. Высокая загрязненность снега во многом определяется несовершенством вертикальной планировки территории города, нехваткой мест для парковки автотранспорта. Размещение машин на неасфальтированных территориях в периоды оттепелей приводит к выносу на дорожное полотно большого количества грунта.

Загрязненность снега в значительной степени зависит от времени его пребывания на проезжей части до удаления. Она повышается при частич-

ном таянии, в результате которого многие загрязнения концентрируются. Наиболее загрязненными являются слежавшийся снег и скол.

До 2000 г. весь убираемый с дорог уплотненный снег, общее количество которого составляло около 20 млн. м³, распределялся следующим образом:

сброс в реки Москву и Яузу с восьми специально оборудованных пунктов — 35%;

вывоз на 33 сухие снегосвалки (практически все необорудованные) — 65%.

По расчетам, каждый сезон в реки только напрямую со снегом сбрасывалось не менее 50 тыс. т взвешенных веществ и мусора, 300 т нефтепродуктов. Кроме того, большое количество загрязнений поступало в водные объекты в составе талых вод.

Опыт размещения убираемого снега. Попытки решить проблему удаления снега предпринимались неоднократно. Еще в 1960–1970 годах в Москве и Ленинграде было предложено принимать снег в систему городской канализации. С этой целью предполагалось плавить снег теплыми городскими сточными водами и транспортировать полученную смесь стоков и талых вод на городские очистные сооружения с последующей очисткой. В качестве инженерного решения в Москве были запроектированы снегоприемные пункты, расположенные непосредственно на крупных канализационных коллекторах и на обводных (байпасных) линиях. На этих сооружениях сбрасываемый снег продавливался бульдозером через отверстия прочных решеток (150×150 мм) и попадал непосредственно в коллекторы. В 1980–1987 годах было сооружено семь таких пунктов.

Однако канализация Москвы исторически сложилась как полностью раздельная система. В хозяйственно-бытовую канализацию принимаются только хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды. Поверхностные воды отводятся в отдельную систему ливневой канализации. Хозяйственно-бытовая канализационная система не подвержена периодическим высокоинтенсивным ливневым промывкам, когда расход возрастает многократно, и не рассчитана на прием потоков, загрязненных мусором и грунтом. Поэтому эксплуатация снегосплавных пунктов первого поколения привела к быстрому засорению нижележащих участков коллекторов, прочистка которых оказалась чрезвычайно сложным и трудоемким мероприятием. От использования данных пунктов решено было отказаться.

В 1981–1984 годах в институте «МосводоканалНИИпроект» были разработаны опытные конструкции мобильных снеготаялок, работающих на жидком топливе (в том числе на жидких горючих отходах), производительностью до 20 т/ч. В их состав входили турбоборотажная печь «Вихрь» и блок локальной очистки талой воды перед сбросом в городскую систему канализации (при необходимости) [1]. Такое решение было предназначено для плавления небольшого объема снега, удаляемого, например, с площадок промышленных предприятий. Однако отсутствие финансирования не позволило довести конструкцию снеготаялки до серийного изготовления.

Наиболее простым и экологически безопасным методом удаления снега является его вывоз на «сухие» снегосвалки,

оборудованные сооружениями сбора и очистки талой воды. Однако для размещения даже 1 млн. м³ снега необходима площадь не менее 12 га. Кроме того, очистка талых вод в течение нескольких недель интенсивного таяния весной представляет собой серьезную инженерную задачу, не решаемую с помощью временных, простейших сооружений. Устройство «сухих» снегосвалок возможно в тех местах, где имеются свободные площади и современные очистные сооружения ливневой канализации (в Москве это, например, МКАД и Третье транспортное кольцо).

Дефицит городских земель и экологическое несовершенство «сухих» снегосвалок определили необходимость поиска иных методов удаления снега.

Принципы создания современных систем снегоудаления.

Анализ сложившейся ситуации привел к выводу, что эффективное и экологически безопасное решение проблемы удаления снега в Москве возможно за счет использования тепла городских сточных вод при условии разработки и внедрения специальных конструкций и сооружений, обеспечивающих не только плавление снега, но и эффективное отделение от талой воды грубодисперсных примесей, способных засорить канализационные сети [2; 3]. Такой подход был призван обеспечить длительную нормальную эксплуатацию канализационных каналов и коллекторов. Однако технологическое и конструктивное решение было неизвестно в мировой практике. Для достижения этой цели были поставлены и решены следующие задачи [3; 4]:

анализ информации по объемам, свойствам и загрязненности снега, убираемого с го-

родских улиц, натурное изучение этих показателей;

анализ решений снегоудаления, применяемых в мировой практике;

разработка требований к качеству очистки талой воды перед сбросом в систему канализации;

получение количественных зависимостей процесса плавления снега и льда, убираемых с улиц, от основных факторов (плотность, температура, использование реагентов для плавления снега на дорогах и др.), разработка математических моделей плавления снега и очистки талой воды;

разработка и апробация технологий плавления снега и очистки талой воды, конструкций и методики инженерного расчета снеготалительных сооружений для различных условий совместной работы с канализационной системой;

расчет оптимальной производительности снеготалительного сооружения для условий Москвы, разработка оптимальной схемы размещения таких сооружений на территории города;

изучение состава и свойств осадка, образующегося при работе снеготалительных сооружений;

анализ влияния системы утилизации снега с использованием тепла сточных вод на работу коммунальных очистных сооружений, интегральный анализ воздействия снеготалительных сооружений на водные объекты;

сравнительный технико-экономический анализ решений по удалению снега с использованием систем городской канализации.

По результатам проведенных инженерных проработок были определены следующие основные принципы конструи-

рования снеготалительных сооружений [4; 5]:

сооружения плавления снега должны быть рассчитаны на удаление не только основных грубодисперсных примесей, но и оседающих, а также всплывающих загрязнений, содержащихся в снеге. Это позволит минимизировать нагрузку на очистные сооружения городской канализации. С этой целью сооружения должны обеспечивать полное плавление сбрасываемого снега и оттаивание полученной талой воды;

для упрощения конструкции все технологические операции по плавлению снега и очистке талой воды следует производить в одном сблокированном технологическом сооружении;

в целях рационального использования механизмов и упрощения эксплуатации снеготалительных пунктов целесообразно отказаться от использования в конструкции снеготалительной камеры стационарного электромеханического оборудования для выгрузки накапливаемого мусора и ориентироваться на периодическую очистку камеры с помощью строительной техники.

Технология и конструкции снеготалительных пунктов. Разработанный технологический процесс переработки снежной массы на снеготалительных пунктах заключается в ее приеме и плавлении за счет тепла сточных вод (17–20 °С), подаваемых в снегоприемные сооружения с последующим отделением песка и мусора. Были предложены три варианта реализации данной технологии в зависимости от глубины заложения канализационных каналов и коллекторов, а также расстояния до напорных трубопроводов канализационных насосных станций. По этим

вариантам подача сточной воды осуществляется одним из трех способов:

с помощью погружных насосов, забирающих воду из канализационных каналов и коллекторов (в настоящее время используется на одиннадцати снегосплавных пунктах) – рис. 1, а;

из напорных водоводов от городских насосных станций (в настоящее время используется на семи снегосплавных пунктах) – рис. 1, б;

непосредственно из самотечного канализационного канала, коллектора (в настоящее время используется на девяти снегосплавных пунктах) – рис. 1, в.

Принципиальная схема работы снегосплавных пунктов с подачей сточной воды погружными насосами представлена на рис. 2. Снег, убираемый с проезжей части городских дорог, завозится автомашинами на снегосплавные пункты (рис. 3) и выгружается в приемные бункеры, оснащенные сепараторами-дробилками. Смешение снега с плавящей сточной водой осуществляется в первом, приемном отделении – снегосплавной камере, куда поступает сточная вода от погружных насосов через систему подающих трубопроводов. Там же начинается процесс плавления снега, продолжающийся в следующем, основном по объему отделении – так называемой песколовке, в которой отделяются оседающие и всплывающие примеси. Количество подаваемой (поступающей) плавящей сточной воды определено теплотехническим расчетом и составляет около 6 м^3 на 1 м^3 снега. Следует отметить, что работа снегосплавных пунктов направлена на удержание, по возможности, только тех загрязнений, которые при транс-

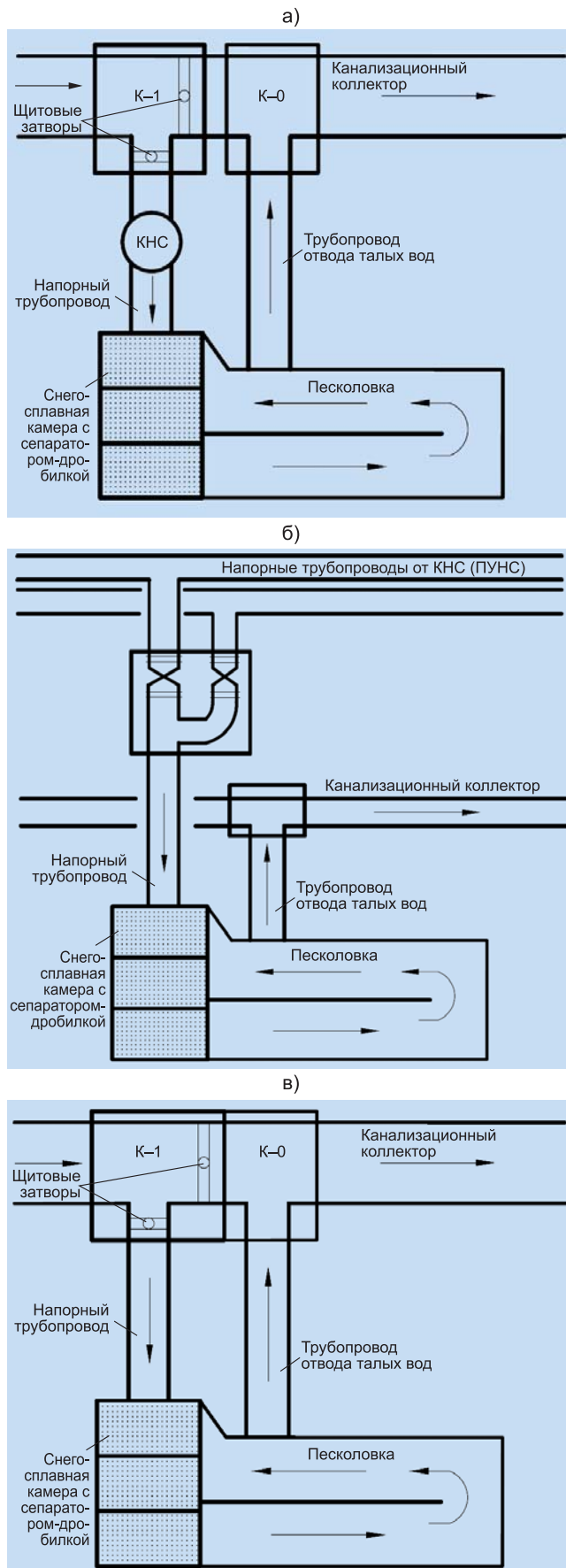


Рис. 1. Снегосплавная камера

а – на канализационном коллекторе с насосной станцией; б – на напорных водоводах от главной канализационной насосной станции; в – на канализационном коллекторе

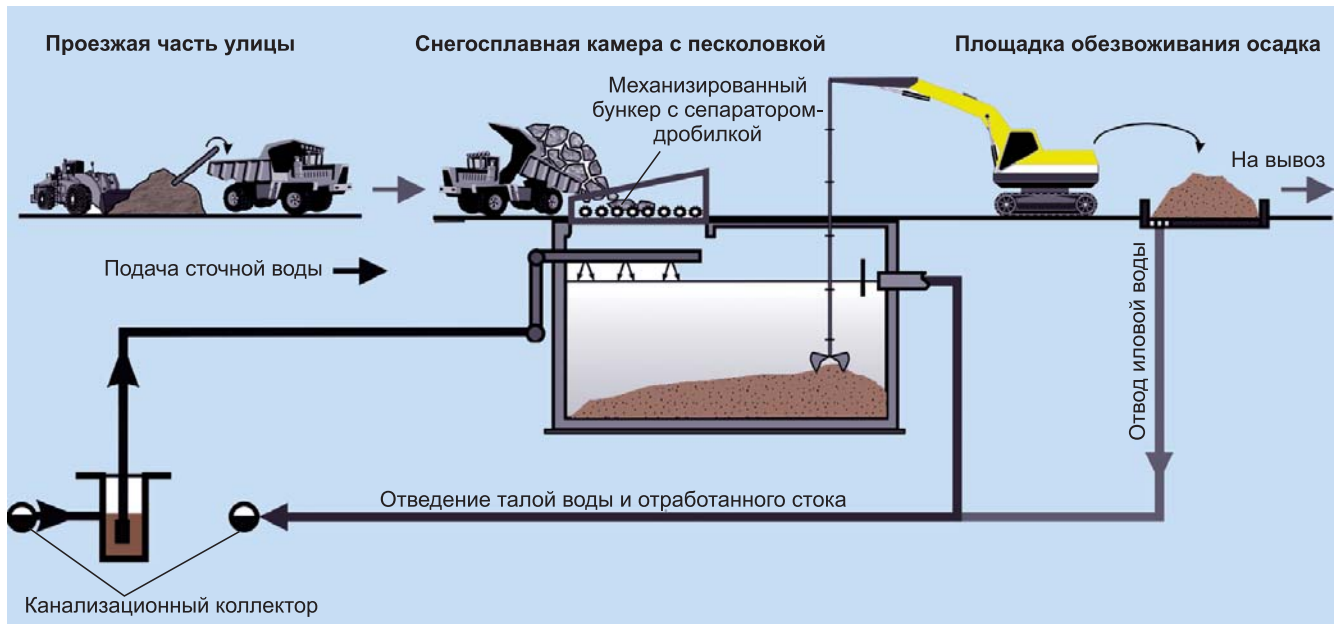


Рис. 2. Технологическая схема утилизации снега на снегосплавных пунктах с подачей сточной воды погружными насосами

портировке по сети способны создавать для нее проблемы.

Образовавшаяся смесь талой и сточной вод поступает в самотечном режиме по отводящему трубопроводу в канализационные каналы и коллекторы, далее по системе городской канализации — на городские очистные сооружения, где проходит полный комплекс механической и биологической очистки.

Накопленный в песколовках грубодисперсный осадок периодически извлекается и вывозится на полигон.

Создание системы снегосплавных пунктов. Работы по созданию системы удаления снега начались в 2000 г. на основании разработанных специалистами МГУП «Мосводоканал» и ГУП «МосводоканалНИИпроект» следующих документов: «Генеральная схема снегоудаления с территории города с использованием системы городской канализации» и «Целевая комплексная программа организации «сухих» снегосвалок, снегосплавных камер и снеготаялок в соответствии с экологическими

требованиями», утвержденных Правительством Москвы (распоряжение от 25 апреля 2000 г. № 408-РП).

Общие свободные тепловые ресурсы системы городской канализации были оценены в 15–20 тыс. Гкал/сут, потребность в тепловых ресурсах на плавление снега — 120–150 Гкал/сут. Таким образом, для реализации задачи плавления всего удаляемого с улиц снега необходимо использовать менее 1% общего теплового ресурса.

Важнейшим аспектом создания эффективной системы переработки снега было распределение сети снегосплавных пунктов по территории города, по возможности соответствующее объемам снега, удаляемого с городских дорог. На выбор площадок расположения снегосплавных пунктов, кроме этого фактора, оказывали влияние:

наличие свободных площадок, имеющих существующие (потенциальные) удобные подъезды для автотранспорта



Рис. 3. Прием снега на снегосплавном пункте

и необходимые размеры санитарно-защитной зоны;

наличие поблизости каналов и коллекторов достаточной пропускной способности либо напорных трубопроводов канализационных насосных станций (также при наличии

возможности отведения талых вод).

Всего за период с 2000 по 2004 г. в системе канализации города на основании вышеописанных технологических и конструктивных разработок было создано 29 снегосплавных

пунктов (два из них впоследствии были выведены из эксплуатации для использования освободившейся территории под жилищное строительство).

Схема размещения снегосплавных пунктов на территории города приведена на рис. 4.



Рис. 4. Размещение снегосплавных пунктов на территории Москвы
1–27 – снегосплавные пункты

Безусловно, плотная застройка и высокая стоимость земли в центральной части города не позволили расположить на ее территории снегосплавные пункты в количестве, пропорциональном объему убираемого там снега.

В настоящее время общая проектная производительность 27 снегосплавных пунктов в городе составляет 86,8 тыс. м³/сут снега. Единичная проектная производительность большинства снегосплавных пунктов составляет 3500 м³/сут.

Особенности работы снегосплавных пунктов при подаче сточной воды погружными насосами. Одной из проблем эксплуатации насосного оборудования является снижение объемов водоотведения в ночные часы, что приводит к снижению уровня сточных вод в канализационных коллекторах и, как следствие, на насосных станциях. Отсутствие охлаждения электродвигателя насосного агрегата влечет за собой его перегрев и автоматическое отключение, нарушая тем самым непрерывность работы снегосплавного пункта. Решением данного вопроса стало применение на насосном оборудовании рубашек охлаждения, позволяющих насосу длительное время работать при низких уровнях перекачиваемой жидкости.

Дробление и сепарация снега. Поскольку скорость плавления снежной массы непосредственно определяется площадью ее поверхности, измельчение играет важную роль в интенсификации работы снегосплавных пунктов. Важно также отделять крупный мусор, который может содержаться в убираемом снеге. Только за пятилетний период на снегосплавных пунктах составлено более 2 тыс. актов о

нарушении правил доставки снега и несоблюдении дорожными организациями требований к качеству завозимого снега. В привезенном на утилизацию снеге обнаруживались такие крупные предметы, как автопокрышки, бордюрный камень, люки и горловины колодцев, скамейки, урны, цветочные вазоны и др.

Для обеспечения технологического процесса таяния снега путем измельчения и просеивания снежно-ледяной массы, а также удаления крупного мусора, попадающего вместе с завозимым снегом, в снегоприемных бункерах снегосплавных пунктов было решено использовать механические измельчители, получившие название сепараторов-дробилок, с функцией отделения особо крупных включений. Рабочим элементом этого оборудования являются многочисленные роторы с закрепленными на них дробящими молотками. Направление движения роторов позволяет транспортировать недробимые

включения к краю роторного поля.

Эксплуатация снегосплавных пунктов. Опыт эксплуатации системы снегосплавных пунктов свидетельствует о неравномерности их загрузки как по сезонам, так и по месяцам, а также и по часам суток, что обусловлено климатическими факторами. Данные по суммарной годовой и помесечной фактической нагрузке на систему снегосплавных пунктов за 2003–2008 годы приведены на рис. 5, 6. Наиболее тяжелым явился сезон 2004–2005 годов, когда средняя нагрузка составила 150% проектной, наименьшая нагрузка – 58% проектной была зафиксирована в сезон 2007–2008 годов, характеризовавшийся аномально высокими зимними температурами.

Безусловно, наибольшее влияние на загрузку снегосплавных пунктов оказывают сильные снегопады (рис. 7). По данным за 2002–2006 годы, в среднем за сутки выпадало

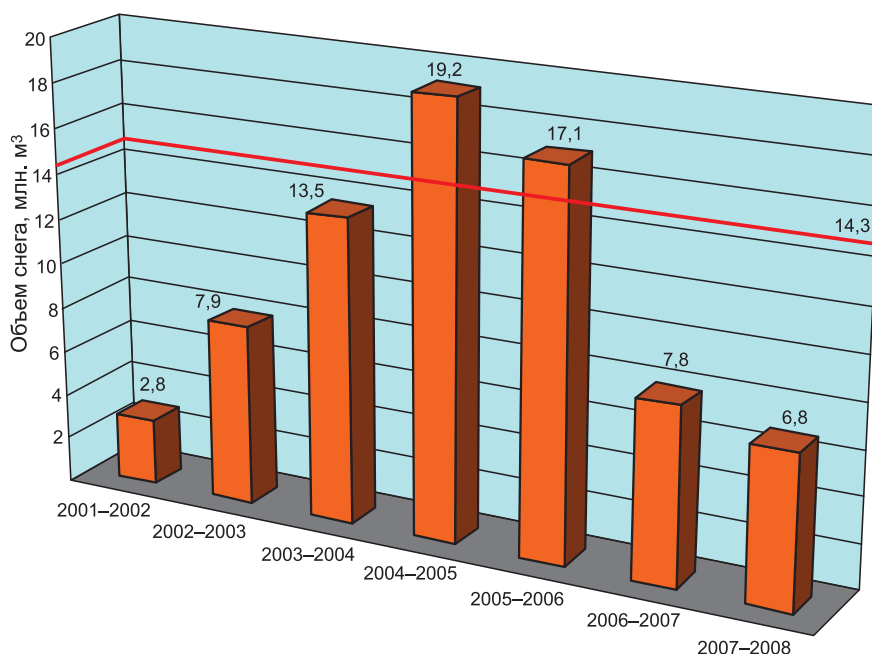


Рис. 5. Объем снега, принятого стационарными снегосплавными пунктами МГУП «Мосводоканал»
— проектная производительность пунктов

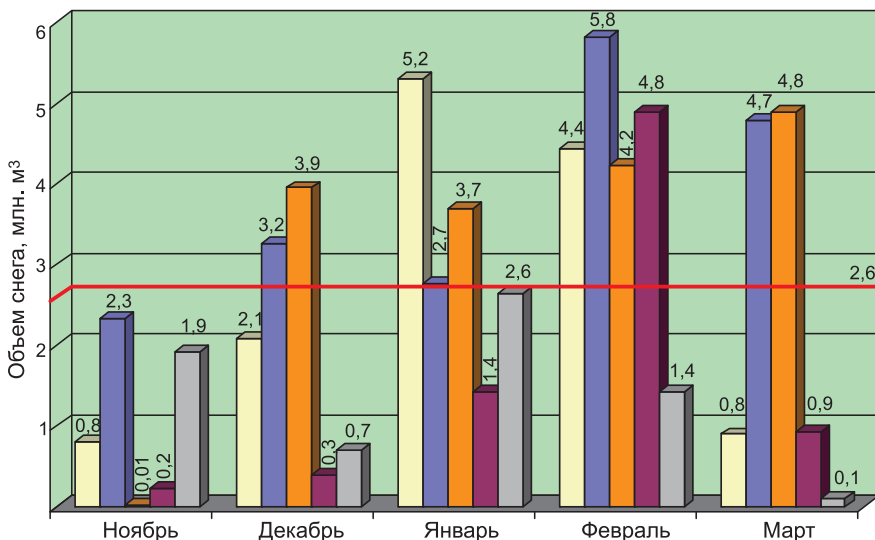


Рис. 6. Помесячная загрузка снегосплавных пунктов в 2003–2008 годах
 — проектная производительность; □ сезон 2003–2004 годов; ■ сезон 2004–2005 годов; ■ сезон 2005–2006 годов; ■ сезон 2006–2007 годов; ■ сезон 2007–2008 годов

1,35 мм снега (по талой воде). Максимальная интенсивность осадков за этот период составила 15,3 мм, средний суточный коэффициент неравномерности выпадения снега – 10.

Высокая неравномерность выпадения осадков частично компенсируется продолжительностью уборки дорог, существенно превышающей продолжительность самих снегопадов. С учетом этого фактора неравномерность суточной нагрузки несколько снижается, однако остается чрезмерно высокой.

Транспортные проблемы в городе определяют существенную неравномерность часовой нагрузки на снегосплавные пункты – основной завоз снега на них осуществляется в ночное время.

Накопленный опыт эксплуатации снегосплавных пунктов в различных режимах потребовал, наряду с понятием проектной производительности, ввести понятия экстремальной и форсированной нагрузки. По расчетам ГУП «МосводоканалНИИпроект», форсированная производительность характеризуется превышением проектной величины на 40% и,

как правило, достигается при снегопадах слоем 7,5 см/сут, экстремальная производительность соответствует превышению на 70% и слою более 13 см/сут. Данные значения производительности обеспечиваются благодаря модернизации снегосплавных камер, сепараторов-дробилок, использованию буферных площадок и схемы двухзонной разгрузки в комплексе с системой автоматизированного учета снега. Дополнительным способом интенсификации работы сне-

госплавных пунктов является продавливание снега автопогрузчиками через решетки, расположенные над пескололками.

Нагрузка на снегосплавные пункты обусловлена следующими факторами:

- пропускной способностью прилегающей к пункту дорожной сети с учетом пробок;

- пропускной способностью системы регистрации транспорта на въезде на пункт;

- пропускной способностью внутриплощадочных проездов пункта;

- производительностью сепараторов-дробилок и решеток;

- скоростью плавления снега в снеготопильной камере и песколовке.

Проводимая работа направлена на оптимизацию влияния прежде всего первых четырех факторов. При этом следует отметить, что превышение допустимой нагрузки на снеготопильную камеру чревато нарушением эффективности плавления снега и проскоком в коллектор нерастопленных снежных масс, содержащих в себе грубодисперсные примеси и мусор, с последующим их выпадением в коллекторе.

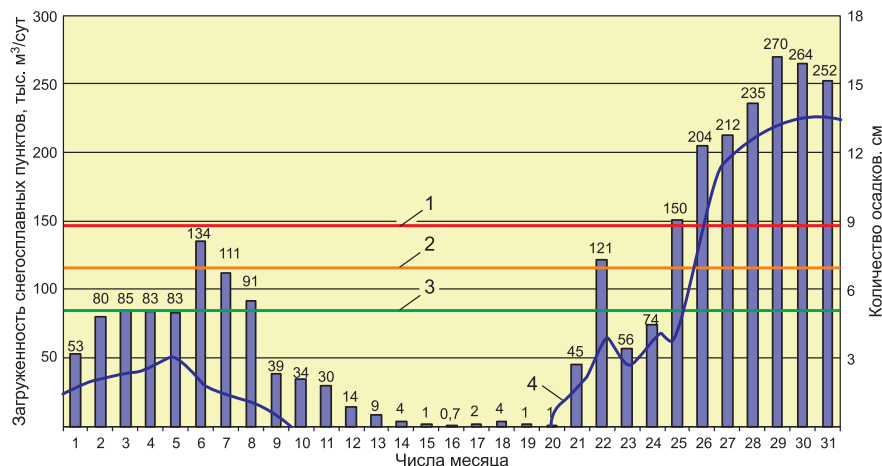


Рис. 7. Влияние количества выпавших осадков на загруженность снегосплавных пунктов (январь 2005 г.)
 1 – экстремальный режим (119,7 тыс. м³/сут); 2 – форсированный режим (119,7 тыс. м³/сут); 3 – штатный режим (проектная производительность 86,8 тыс. м³/сут); 4 – количество осадков

Таблица 1

Параметр	Уплотненный свежесвыпавший снег	Слежавшийся снег	Скол	Среднее значение	Сточная вода (поступающая на очистные сооружения)	ПДК для приема в канализацию
Плотность, кг/дм ³	0,35	0,7	0,8	0,4	—	—
Взвешенные вещества, мг/л	100–200	250–2000	2000–10000	2300	236	500
БПК ₅ , мг/л	50–200	50–300	50–500	110	164	500 (БПК _{полн.})
Аммонийный азот, мг/л	10–25	0,5–25	1–12	12	24,8	—
Нефтепродукты, мг/л	1–7	5–35	50–500	65	6,7	4
Железо, мг/л	1,5–7	2–20	20–300	40	2,44	3
Алюминий, мг/л	0,5–5	2–25	15–200	30	5,95	1
Хлориды, мг/л	50–200	150–700	1000–7000	1100	72	350
Свинец, мг/л	0,004–0,2	0,1–0,7	0,1–1	0,13	0,015	0,1
Цинк, мг/л	0,1–0,3	0,15–1	0,7–7	1,1	0,246	2
Медь, мг/л	0,02–0,07	0,02–0,15	0,1–0,8	0,4	0,059	0,5

Опыт эксплуатации показывает, что большое значение имеет скоординированная работа транспортной (автотранспорт) и технологической (снегосплавной пункт) компонент системы удаления снега. Очевидно, что как суточную, так и часовую неравномерность завоза снега целесообразно компенсировать использованием площадок временного складирования снега. На самих пунктах предусмотрены такие площадки, однако их ограниченная площадь (как правило, не более 0,06 га) обеспечивает только 30% форсированной суточной нагрузки.

Отказ в сезоны 2006–2007 и 2007–2008 годов от ранее использовавшихся в городе отдельных площадок временного складирования снега, несмотря на небольшое количество выпавшего в целом за сезон снега, периодически приводил к образованию больших очередей автотранспорта на снегосплавных пунктах. Следствием этого стали:

затрудненная дорожная обстановка в местах подъезда к снегосплавным пунктам;

сильное загрязнение воздуха выхлопными газами из-за скопления автотранспорта;

неэффективное использование автотранспорта из-за большого времени простоя;

использование площадок временного складирования снега на снегосплавных пунктах, предназначенных для разгрузки большегрузного транспорта и складирования снега при аварийных ситуациях, для длительного накопления снега взамен ранее использовавшихся городских площадей.

Отсутствие площадок временного складирования делает нецелесообразным перераспределение потоков автотранспорта по снегосплавным пунктам в период интенсивного завоза снега, так как в этот период достигается полная загруженность практически всех пунктов.

Загрязненность талой воды.

Как уже отмечалось, завозимый с городских территорий снег сильно загрязнен грубодисперсными веществами (в основном уличным мусором, т. е. компонентами, характерными для твердых бытовых

отходов), взвешенными веществами (в основном глинистыми и почвенными частицами), нефтепродуктами и хлоридами. В завозимой на утилизацию снежной массе велико содержание песка и гравия, образующихся при разрушении дорожных покрытий. Загрязненность снега в значительной степени зависит от времени его пребывания на проезжей части и сроков последующего удаления. Наиболее загрязненными являются слежавшийся снег и скол. Данные по загрязненности талой воды завозимым снегом приведены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 позволяет сделать следующие выводы:

увеличение концентрации загрязняющих веществ от уплотненного к слежавшемуся снегу существенно превосходит увеличение его плотности (т. е. собственно содержание в нем воды в твердом агрегатном состоянии). При росте плотности приблизительно в 2 раза концентрация большинства загрязнений увеличивается в 3–10 раз. Это, вероятно, связано с периодическим частичным

Таблица 2

Масса загрязняющих веществ, тыс. т/год	Выделяющаяся из снега на снегосплавных пунктах	Поступающая на городские очистные сооружения (общая нагрузка)	Поступающая в водные объекты с очищенной водой	Доля нагрузки от снегосплавных пунктов, %	Средняя эффективность удаления на очистных сооружениях, %
Взвешенные вещества	29	419	15	7	96
БПК ₅	1,4	290	7	0,5	98
Аммонийный азот	0,15	44	10,5	0,3	76
Нефтепродукты	0,8	11,8	0,17	7	99
Железо	0,5	4,3	0,2	12	95
Алюминий	0,4	10	0,3	4	97
Хлориды	14	126	124	11	1,4
Свинец	0,002	0,026	0,005	6	80
Цинк	0,014	0,4	0,085	3	80
Медь	0,005	0,1	0,008	5	93

таянием снега с сохранением в нем большей части загрязнений;

высокие концентрации железа и алюминия обусловлены загрязнением снега глиной, содержащей алюмосиликаты и оксид железа в больших количествах. Можно предположить, что это же относится и к микроэлементам – цинку и меди;

вызывает интерес аномальный характер распределения загрязненности аммонийным азотом, убывающей от свежего уплотненного снега к сколу;

в целом по БПК и азоту талая вода лишь в 2 раза менее концентрирована, чем городская сточная вода, что соответствующим образом характеризует загрязненность городских улиц.

Высокое содержание хлоридов объясняется наличием их в составе противогололедных реагентов, применяемых на улицах города. В последние годы основным реагентом служил хлористый кальций в жидком и твердом виде. Сравнение массы хлоридов, поступающих с талой водой, с общим количеством противогололедных реагентов, применяемых в го-

роде (около 90 тыс. т по хлоридам), показывает, что в систему снегосплавных пунктов поступает порядка 15% противогололедных реагентов.

Из табл. 1 видно, что содержание ряда загрязняющих веществ в талой воде превышает ПДК на прием в канализацию сточных вод от абонентов. Однако состав талой воды не позволяет ставить вопрос о ее локальной очистке на снегосплавных пунктах. Для городской системы ЖКХ значительно выгоднее осуществлять ее очистку на городских очистных сооружениях.

Влияние приема снега на работу городских очистных сооружений. В табл. 2 приведено сравнение нагрузки по загрязнениям, поступающим с талой водой, с общей нагрузкой на очистные сооружения и поступлением загрязнений в окружающую среду с очищенной водой.

Следует отметить, что большая часть загрязнений, выделяющихся на снегосплавных пунктах, прежде всего взвешенные вещества, железо и алюминий, задерживаются в песколовках и не попадают в

систему канализации. В то же время такие загрязнения, как нефтепродукты, БПК₅, аммонийный азот и хлориды, на снегосплавных пунктах практически не задерживаются. Учитывая, что массовый прием снега в систему канализации происходит, как правило, около четырех месяцев в году, приведенные в табл. 2 расчетные данные по доле снегосплавных пунктов в общей массовой нагрузке по данным веществам на очистные сооружения для зимних месяцев следует практически утроить.

Таким образом, система снегосплавных пунктов оказывает влияние на очистные сооружения города только по одному показателю – нефтепродуктам. Измеренное фактическое воздействие снегосплавных пунктов по этому показателю даже выше расчетного (рис. 8). На Курьяновских очистных сооружениях нагрузка по нефтепродуктам в зимний период возрастает до 2 раз по сравнению с летней. Однако благодаря хорошей адаптации активного ила очистных сооружений данный прирост нагрузки в зимние периоды года не повлек за со-

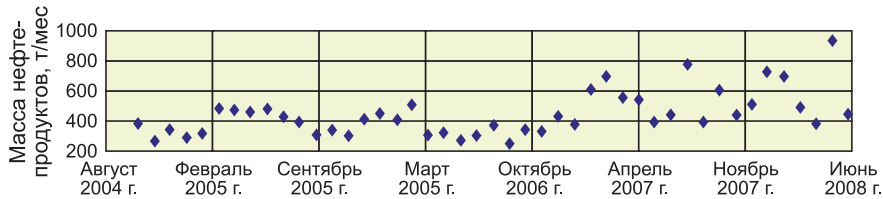


Рис. 8. Поступление нефтепродуктов в сточных водах на Курьяновские очистные сооружения

бой выраженного ухудшения качества очищенных сточных вод ни по нефтепродуктам, ни по другим показателям.

Очистка снегосплавных пунктов от накопившихся в них грубодисперсных примесей осуществляется с помощью грейферов. Удаленный осадок (загрязненный замусоренный песок) вывозится на полигоны. Каждый сезон производится 75–140 чисток снегосплавных пунктов, т. е. по 3–5 за сезон на один пункт. Количество удаленного осадка (фактическая влажность) составляет 5–10 кг/м³ в зависимости от сезона. При средней влажности извлекаемого осадка около 25% масса песка и мусора составляет 15–25 тыс. т/год. Таким образом, на снегосплавных пунктах задерживается до 80% грубодисперсных и взвешенных загрязнений, содержащихся в завозимом снеге.

При работе сооружений в экстремальном режиме происходит активный вынос содержащихся в снежной массе взвешенных частиц и мусора. При этом взвешенные вещества по мере таяния шуги оседают в канализационных коллекторах, приводя к заиливанию отдельных участков, а крупный мусор в виде плавающих веществ попадает на канализационные насосные станции, тем самым увеличивая объем мусора, подлежащего обязательной утилизации на полигонах твердых бытовых отходов. Так, в 2002 г. на одном снегосплавном пункте, имеющем снегоплавиль-

ную камеру упрощенной конструкции, не было обеспечено необходимое задержание грубодисперсных включений, что привело к забиванию слом песка (глубиной 1–1,3 м) канала длиной до 150 м и диаметром 2,5 м. Канал пришлось чистить вручную с использованием вагонеток. Поэтому контроль за нормативной работой снегосплавных пунктов имеет большое значение для защиты сооружений городской канализации.

Экономические аспекты работы снегосплавных пунктов. Распределение затрат на эксплуатацию снегосплавных пунктов (на примере 2007 г.) приведено на рис. 9.

Среднесписочная численность персонала, круглосуточно занятого эксплуатацией и содержанием снегосплавных пунктов, составляет 435 чел. (в среднем 16 чел. на один снегосплавной пункт), в том числе слесари аварийно-восстановительных работ и мастера – 376 чел.

С 2007 г. финансирование деятельности снегосплавных пунктов осуществляется по смешанной системе. По контракту на выполнение городского заказа по эксплуатации и содержанию снегосплавных пунктов бюджет города компенсирует МГУП «Мосводоканал» условно постоянные расходы (90–95% общих затрат). Остальные средства поступают по договорам с дорожными организациями на утилизацию снега по утвержденной рас-

ценке, составлявшей в 2007 г. 4,02 руб/м³ снега.

Всего в 2007 г. объем финансирования снегосплавных пунктов составил около 650 млн. руб., что соответствует 66 руб/м³ принятого снега.

В вышеуказанные затраты на эксплуатацию снегосплавных пунктов не входят затраты на очистку, вывоз и размещение осадка из песколовков, финансирующиеся напрямую из средств городского бюджета.

Развитие системы снегосплавных пунктов в городе. По данным среднесписочных наблюдений, объем выпавшего и подлежащего вывозу снега в Москве превышает возможности действующей системы переработки снега [6]. Расчеты показывают, что при традиционных методах уборки снега дефицит производительности составляет 60–70 тыс. м³/сут. Причины этого заключаются в следующем. Увеличилась площадь убираемого дорожного покрытия за счет дорог третьей категории, вывоз снега с которых ранее не производился. Происходит вынос на проез-

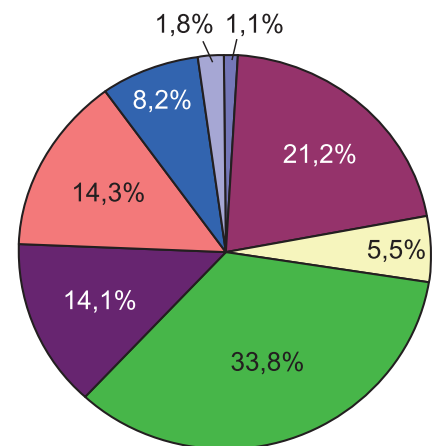


Рис. 9. Распределение затрат на эксплуатацию снегосплавных пунктов (2007 г.)

■ электроэнергия; ■ заработная плата; □ отчисления; ■ амортизация; ■ ремонт и техническое обслуживание оборудования; ■ расходы на транспорт; ■ водоотведение; ■ аварийно-восстановительный ремонт

жую часть снега, убираемого во дворах с тротуаров и крыш домов, в связи с необходимостью высвобождения внутривортовой территории для парковки большого количества транспортных средств. Применение новых противогололедных реагентов, заменивших хлористый натрий, на 15% уменьшило плавление снега на дорогах и соответственно увеличило объем убираемого снега. Безреагентная уборка дворов также увеличит объем вывозимого снега.

Развитие системы снегоуборки в городе идет по двум направлениям. Во-первых, продолжается поиск мест для размещения стационарных снегосплавных пунктов. Однако расчеты показывают, что возможные дополнительные площадки не обеспечат необходимой производительности, и ее дефицит по-прежнему превышает 40 тыс. м³/сут.

Другим направлением развития системы снегоуборки является разработка и внедрение передвижных и самоходных установок — мобильных снеготаялок, использующих дизельное топливо для плавления снега. Преимуществами мобильных снеготаялок являются:

относительно невысокая стоимость (в пересчете на 1 м³ суточной производительности их стоимость составляет от 2500 до 5000 руб., тогда как удельная стоимость стационарных снегосплавных пунктов составляет от 7000 до 30000 руб.);

возможность сезонного размещения без получения землеотводов, сложных согласований и постоянного подключения к инженерным сетям;

небольшой уровень шума при работе;

сохранение дорогостоящих городских земель;

максимально возможное сокращение или даже исключение плеча вывоза снега.

Из недостатков можно отметить возникновение дополнительных дорожных помех, загрязнение атмосферы и необходимость использования топлива. Последний недостаток компенсируется снижением или исключением плеча перевозки.

Талая вода от мобильных снеготаялок также принимается в систему городской канализации. За зимний сезон 2007–2008 годов от них было принято 175 тыс. м³ талых вод, что соответствует 365 тыс. м³ переработанного снега (5% количества снега, поступившего на стационарные снегосплавные пункты).

Общий экологический эффект от использования системы снегосплавных пунктов.

Общее количество загрязнений, извлеченных из снега на снегосплавных пунктах, вывезенных в виде осадка и удаленных из талой воды на городских очистных сооружениях, в среднем за последние 5 лет составляет свыше 100 тыс. т/год по сухому веществу, в том числе около 4 тыс. т нефтепродуктов. До создания системы снегосплавных пунктов эти загрязняющие вещества большей частью попадали в реки, а частично загрязняли почву в районах снегосвалок. Следует отметить, что в тот период сброс нефтепродуктов только со снегом в несколько раз превышал их попадание в водные объекты со всем расходом очищенной воды московских очистных сооружений.

Выводы

Полученный за 7 лет опыт эксплуатации системы удаления снега показал обоснованность принятой концепции размеще-

ния, конструирования и организации работы снегосплавных пунктов. Мосводоканал в кратчайшие сроки прошел путь от стадии исследований до широкомасштабного внедрения снегосплавных пунктов и создания разветвленной системы переработки снега, что позволило в значительной степени решить одну из острых проблем городского хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 1203180 СССР, МКП 4Е 01 Н/10. Снеготаятельная установка / П. П. Пальгунов, М. В. Сумароков, М. С. Лещинский и др. // Открытия. Изобретения. 1986. № 1.
2. Пупырев Е. И., Корецкий В. Е. Утилизация снега в Москве // Экология и промышленность России. 2001. Июль.
3. Данилович Д. А., Козлов М. Н., Корецкий В. Е. и др. Исследования загрязненности снега, убираемого с городских улиц, и процесса его плавления сточной водой / Развитие московской канализации. — М.: Можайск-Терра, 2003.
4. Штопоров В. Н., Пахомов А. Н., Данилович Д. А. и др. Исследования и промышленная реализация метода плавления снега, удаляемого с городских улиц, с использованием тепла сточных вод // Вода и экология. Проблемы и решения. 2002. № 2.
5. Корецкий В. Е., Павлов Н. В. Зимняя уборка магистралей города. — М.: Прима-Пресс-М, 2002.
6. Кескинов А. Л., Пупырев Е. И., Корецкий В. Е. Новые технологии утилизации городского снега. Опыт Москвы // Экология и промышленность России. 2007. Март.