

## Геоэкология

УДК 502.3

*О.П. Дружакина*

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ СНЕЖНЫХ МАСС С ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

**Аннотация.** Рассмотрены экологические и технические вопросы утилизации снежных масс с городской территории на примере города Ижевска (Удмуртская Республика). Снежный покров накапливает различные загрязнения в течение зимнего периода и при весеннем снеготаянии транспортирует их в почву и водные объекты, вызывая биологическое и химическое загрязнение, засорение природных экосистем бытовым мусором. В период 2010 – 2012 г.г. сотрудниками и учащимися кафедры инженерной защиты окружающей среды ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» совместно с Лабораторией природоохранных и ресурсосберегающих технологий Института механики УдмФИЦ УрО РАН проведены исследования химического состава снега разных районов г. Ижевска. На основе полученных данных в 2015 г. разработан комплексный проект снегоплавильной станции на базе городских канализационных сетей с локальной системой очистки стока и проект сбора талых вод существующей «сухой» снегоплавильной площадки. Проведено технико-экономическое обоснование проектов.

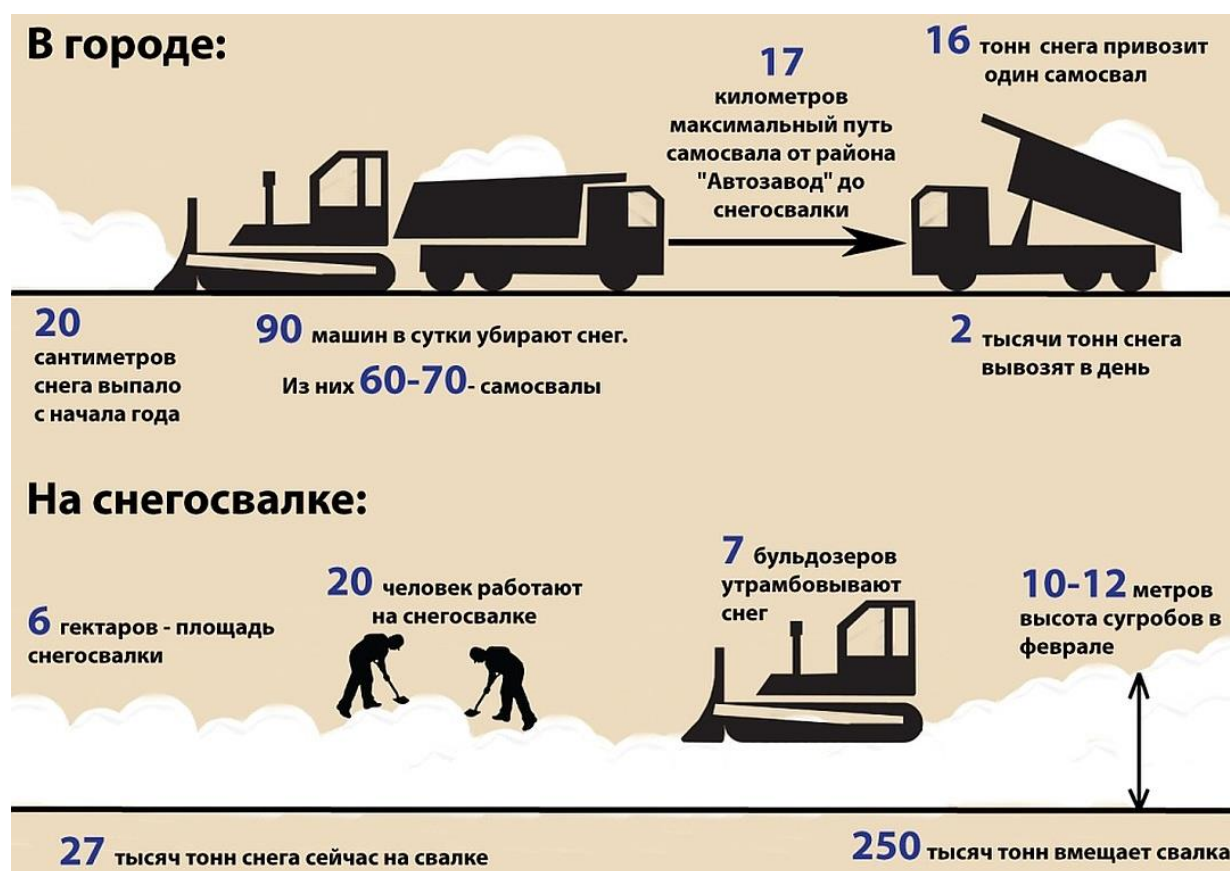
**Ключевые слова:** снежный покров, мониторинг снежного покрова, загрязнение от автотранспорта, снегоплавильная станция, «сухая» снегосвалка, очистка талых вод, утилизация снега, ассимиляция выбросов от автотранспорта.

*Для цитирования:* Дружакина О.П. Экологические аспекты утилизации снежных масс с городских территорий // Управление техносферой: электрон. журнал. 2019. Т. 2. Вып. 1. URL: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

Важным фактором безопасности движения в населенных пунктах является противогололедная обработка дорог, которая вызывает целый комплекс негативных воздействий на окружающую природу и инженерную инфраструктуру города, коммуникации, транспорт и т.д. В связи с этим одной из важнейших задач городского хозяйства является вывоз загрязненного снега с городских магистралей и его утилизация.

С 1 по 9 января 2019 года с дорог Ижевска было вывезено порядка 30 000 куб. м снега. На это повлияло то, что с 1 по 6 января были сильные снегопады, в отличие от аналогичного периода 2018 года. [1].

С начала зимы уже убрано 255 000 куб. м снега, на 20 000 больше, чем в 2018-м. Если раньше вывозилось 5000 куб. м в сутки, сейчас почти в два раза больше. Собранный на территории города снег вывозится на единственную снегосвалку, которая работает по принципу «сухого плавления снега», т.е. за счет таяния снежных масс на открытом воздухе без применения специальных источников дополнительного тепла. Сейчас снегосвалка справляется с объёмами снега, которые привозят на нее. Последний раз, когда она заполнялась до упора (250 тысяч тонн), было пять лет назад (рис. 1) [2, 3].



**Рис.1. Движение снега при уборке городских территорий и его утилизации**

Уборка городских улиц в зимнее время имеет множество стратегических, инженерных, социальных и экологических задач. Во-первых, снег из города нужно вывозить, поскольку нет возможности размещать его на специально предусмотренных участках – резервных площадях. В ряде районов и улиц таких резервных площадей просто нет, и собираемый снег должен сразу вывозиться на утилизацию.

Во-вторых, город нужно очистить от соли, песка и иных противогололедных веществ. При таянии снега весной эти соли и твердые вещества поступают в водные экосистемы и загрязняют их.

В-третьих, количество снега способно повлиять на прохождение паводка. Его вывозят зимой, стараясь максимально снизить возможные тяжёлые последствия в паводок. Одновременно данную проблему усугубляет отсутствие единой системы ливневой канализации в городе.

В-четвёртых, обеспечение пропускной способности улиц и пешеходных зон. В городе борются с заужением дорог из-за снега.

В-пятых, обеспечение безопасности движения и автотранспорта, и пешеходов. Из-за скопления куч снега ограничена видимость на дорогах и перекрёстках как для водителей, так и для пешеходов, что создает высокую аварийность на дорогах.



**Рис. 2. Накопление продуктов износа и выбросов от автотранспорта в снежном слое вдоль проезжей части**

Благодаря высокой сорбционной способности в снежном покрове накапливается значительное количество продуктов техногенного происхождения, а также противогололедных солей, песка и иных химических препаратов (рис. 2 и 3). Это делает снежный покров одним из объектов экологического мониторинга. Исследование химического состава снежного

покрова является обязательной частью изучения процессов загрязнения окружающей среды урбанизированных территорий. Именно качество снежного покрова ярко демонстрирует влияние различных источников загрязнения атмосферного воздуха на поверхности земли. Анализ состава и степени загрязненности снежного покрова с учетом розы ветров позволяет проследить пространственное распределение загрязняющих веществ по территории и получить наглядную картину ареалов влияния автотранспортных средств и других объектов на состояние окружающей среды города [4 – 6].



**Рис. 3. Использование противогололедной солевой смеси**

В качестве объекта мониторинга окружающей среды снежный покров применяют в качестве интегрального показателя загрязнения атмосферы. В связи с естественными процессами сухого и влажного вымывания при образовании и выпадении снега содержание загрязнителей превышает их содержание в атмосферном воздухе на 2 – 3 порядка [4, 5].

Цель проведенных исследований химического состава снежного покрова в микрорайонах города Ижевска [5–7], расположенных вдоль напряженных автомагистралей, заключалась в установлении степени негативного воздействия городского автотранспорта на окружающую среду прилегающих территорий, с последующим обоснованием комплекса инженерно-экологических мероприятий по безопасной утилизации снежных масс.



Исследования проводились по следующим этапам:

1. Определение точек исследования и пробоотбора с учетом розы ветров, источниками антропогенного воздействия – автотранспорт.
2. Изучение методики пробоотбора, подготовка карт, схем, инвентаря. Консультация с Удмуртским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (г. Ижевск) по вопросам организации пробоотбора и инструментального обеспечения работ.
3. Пробоотбор. Одновременно проводилось определение интенсивности движения транспорта в выбранных точках.
4. Проведение лабораторных исследований.
5. Обработка и анализ результатов.
6. Разработка проекта снегоплавильного пункта (на примере микрорайона Metallург) и системы сбора талых вод с последующей очистки для снегосвалки города Ижевска.
7. Технико-экономическое обоснование проектов.

Фоновая точка пробоотбора размещалась в Лесном массиве (5-й км Якшур-Бодьинского тракта). Первая и вторая зоны (ул. Удмуртская (Северный микрорайон) и ул. Школьная (троллейбусное кольцо микрорайона Metallург) выбраны в так называемых «спальных» районах Ижевска, которые расположены вдоль автодорог с различной интенсивностью движения автотранспорта. В третьей точке (ул. Гагарина (район ж/д вокзала)) городской ландшафт подвергается негативному воздействию со стороны как автомобильного, так и железнодорожного транспорта с их инфраструктурами и множеством складских помещений. Четвертая точка расположена на одной из самых напряженных городских автомагистралей, рядом с такими мощными промышленными предприятиями, как ТД «Мечел. Ижевский филиал», ТЭЦ-1, ОАО «Ижмаш» и др. (ул. Новоажимова (район ТД «Мечел. Ижевский филиал»)) [5].

Отбор снежных проб проводился студентами кафедры инженерной защиты окружающей среды ФГБОУ ВО «УдГУ» весовым снегомером ВС – 43 в

конце марта – перед началом таяния снега, в период максимального влагозапаса на различном расстоянии от полотна дороги (минимум три точки: непосредственно у бордюра дороги, 5 и 10 м от границы проезжей части) в зонах с приблизительно одинаковой интенсивностью движения автотранспорта. При мониторинге снежного покрова анализировались жидкая и твердая фазы: в фильтрате определяли основные растворимые химические макрокомпоненты талой воды, в осадке – содержание взвешенных веществ. Химические анализы выполнялись при Лаборатории природоохранных и ресурсосберегающих технологий Института механики УдмФИЦ УрО РАН [4 – 6].

На следующем этапе в исследуемых точках была определена интенсивность движения автотранспорта в соответствии с ГОСТ 17.2.2.03 – 77 «Охрана природы. Атмосфера. Содержание окиси углерода в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Нормы и методы определения».

Из полученных данных следует, что минимальная интенсивность движения приходится на жилой комплекс – микрорайона Metallurg; она в 2,4 раза меньше, чем в районе железнодорожного вокзала и объединения «Мечел». При этом следует отметить, что количество грузового автотранспорта в Северном микрорайоне в 3,7 раза, а в районе Metallургического завода – в 4,8 раза превышает количество аналогичных единиц техники в микрорайоне Metallurg. Пропускная способность потока легкового автотранспорта по ул. Удмуртской и ул. Новоажимова приблизительно одинакова: это в 2,5 раза выше, чем по ул. Школьной. Максимальное количество грузового транспорта приходится на район ТД «Мечел. Ижевский филиал» – 3456 ед./сут, что превышает в 4,8 раза численность такого же транспорта в Городке металлургов, в 1,9 раза – по ул. Гагарина (ж/д вокзал) и в 1,3 раза – по ул. Удмуртской (Северный микрорайон) [4 – 6].

Максимальные концентрации загрязняющих веществ находятся на расстоянии 5 м от проезжей части, что связано со спецификой работы снегоуборочной дорожной техники, сдвигающей снег от проезжей части дорог и

откидывающей его на расстояние 5-10 м на резервные площади.

На основе экспериментальных данных установлено, что в зимний период одним из основных источников макрхимических загрязнений территорий, расположенных вдоль крупных автомагистралей, являются широко используемые антигололедные средства.

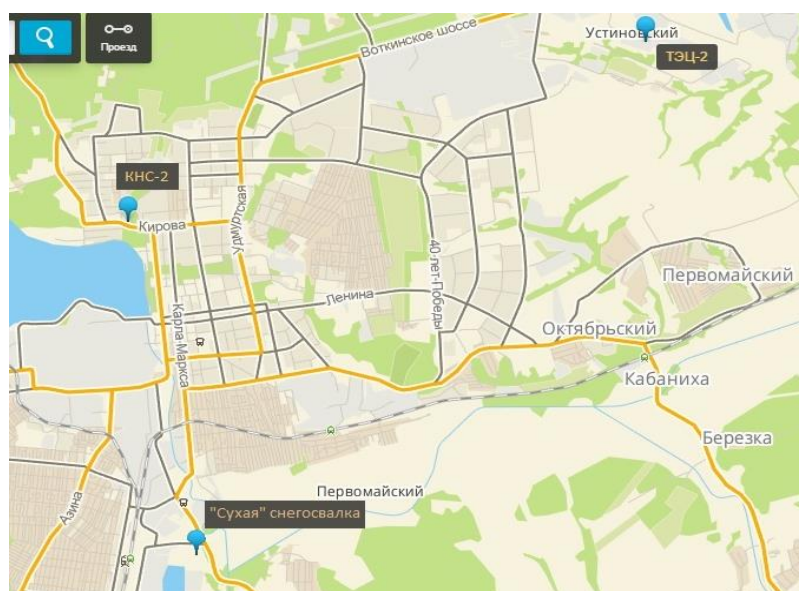
В составе проб обнаружены хром, марганец, цинк с различной степенью превышения ПДК [5]. Но основным загрязнителем явились твердые вещества. Результаты химического анализа талых вод свидетельствуют, что максимальное превышение ПДК по содержанию твердых частиц в 255 раз зафиксировано в районе объединения «Мечел», для которого характерна высокая техногенная нагрузка как со стороны выбросов промышленных предприятий, так и со стороны автотранспорта. Практически 100-кратное превышение ПДК обнаружено в жилом микрорайоне «Север», подвергающемуся негативному воздействию преимущественно со стороны автомобильного транспорта на важнейшей транспортной артерии г. Ижевска – ул. Удмуртской. В районе железнодорожного вокзала содержание взвешенных веществ составляет величину порядка 24 ПДК; в микрорайоне Metallurg нормативные показатели превышены в 2,7 раза и приурочены к местам интенсивного движения пешеходов [5].

Позже, в 2012 – 2013г.г. такие же исследования были проведены для еще нескольких точек в микрорайоне Metallurg: ул. Фруктовая, ул. 30 лет Победы и ул. Кирова. Анализ полученных результатов позволил с высокой степенью обоснованности утверждать, что одной из основных причин загрязнения и обмеления р. Подборенка и Ижевского пруда в месте впадения реки являются именно твердые частицы, которые многократно превышая значения ПДК, поступают с талыми водами. Это обуславливает экологическую актуальность утилизации снежных масс и предупреждение их поступления в природные экосистемы.

На сегодняшний день в городе Ижевск отсутствуют снегоплавильные

станции. Основную часть снежных масс городские службы вывозят на снегохранилище по ул. Пойма. Площадь этого снегохранилища составляет 6 гектар, на которой нет системы экологической безопасности, отсутствуют ливневые системы и очистные сооружения талых вод. Это просто асфальтированный участок, на котором происходит депонирование снега.

В ходе работы проанализирован отечественный и зарубежный опыт использования снегоплавильных станций различного типа и производительности: «сухие» снегосвалки, снегоплавильные пункты на городской канализации, снегоплавильные пункты на сбросных водах ТЭЦ [8, 9].



**Рис. 4. Предлагаемые объекты по утилизации снега для города Ижевска**

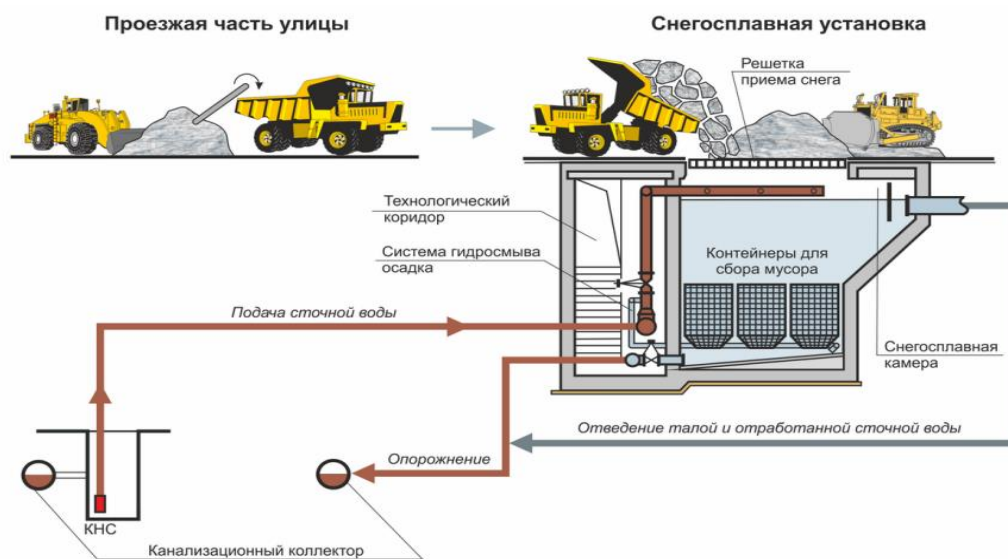
Для комплексного решения вопросов утилизации снежных масс в городе Ижевске предлагается создание системы из трех объектов по обезвреживанию снега: существующая «сухая» снегосвалка, снегоплавильный пункт на базе КНС-2 в микрорайоне Metallург и на базе высоко нагретых стоков ТЭЦ-2 (рис. 4). Это снизит нагрузку на существующую накопительную площадку, позволит провести логистику транспортного перемещения спецтехники в районах города для вывоза снега, обеспечит создание систем очистки образующегося стока и снижение антропогенной нагрузки на экосистему города.



Предлагается разместить снегоплавильную станцию на базе городской канализационной сети по ул. Кирова (КНС-2). Потенциальной площадкой для проекта может стать площадь автостоянки «Подборенка».

Выбор данного участка обусловлен рядом благоприятных факторов:

1. Наличие транспортной сети и удобство подъезда грузового транспорта со снегом.
2. Близость мощной канализационной межрайонной сети, обеспечивающей требуемым количеством сточных вод в соотношении с обрабатываемыми снежными массами.
3. Стабильность температуры бытовых стоков ( $+18...+25^{\circ}\text{C}$ ), достаточной для плавления снежных масс.
4. Возможность создания станции очистки стока с последующим выпуском в Ижевский пруд.



**Рис. 5. Технологическая схема с использованием снегоплавильной установки на канализационном коллекторе [8]**

Оптимальная суточная мощность снегоплавильного пункта в пределах 5-10 тыс. м<sup>3</sup> снега в сутки (рис. 5). Представляет собой секционную камеру, в которую через решетку, установленную в перекрытии, попадает снег. Сваленный в камеру снег обрабатывается сточной водой, которая подается по напорному трубопроводу в камеру. В осадочной части камеры на дне

устанавливаются решетчатые контейнеры для сброса крупных примесей. Талая вода вместе с отработанной сточной водой отводится в коллектор городской канализации. На водовыпуске талой воды из камеры устанавливается решетка. После заполнения контейнеров прекращается загрузка соответствующей секции снегом, секция опорожняется. На коллекторе городской канализации пристраивается камера для отвода сточной воды в приемный резервуар насосной станции, расположенной на площадке стационарного снегоплавильного пункта. Погружными насосами сточная вода подается в снегоплавильную камеру. Скорость движения потока в снегоплавильной камере и отстойнике менее 10 м/с обеспечивает осаждение фракций крупнее 0,1 мм, что составляет 95% взвесей из собранного с дорог талого снега. Кроме того, удаляются крупный плавающий и тонущий мусор, всплывшая пена, мелкие плавающие частицы и нефтяные пятна.

Существующая «сухая» снегоплавильная станция нуждается в модернизации, в оснащении системой сбора и очистки талого стока. Оценка качества воды, образующейся при таянии снега на «сухих» снегосвалках, показала, что прием талых вод водоотводящей сетью города может осуществляться только после их предварительной очистки.

Сухие снегосвалки на территории города должны, как правило, размещаться в промышленных и коммунально-складских зонах вблизи канализации и сетей водостока. Участок, отведенный под «сухую» снегосвалку, должен иметь [8. 9]:

- водонепроницаемое дно;
- обваловку по всему периметру, исключающую попадание талых вод на рельеф;
- систему очистки талой воды;
- ограждение по всему периметру;
- контрольно-пропускной пункт.

Очистные сооружения проектируются на равномерную подачу талой воды, для чего предусмотрен водоприемник, забирающий воду (рис. 6). На

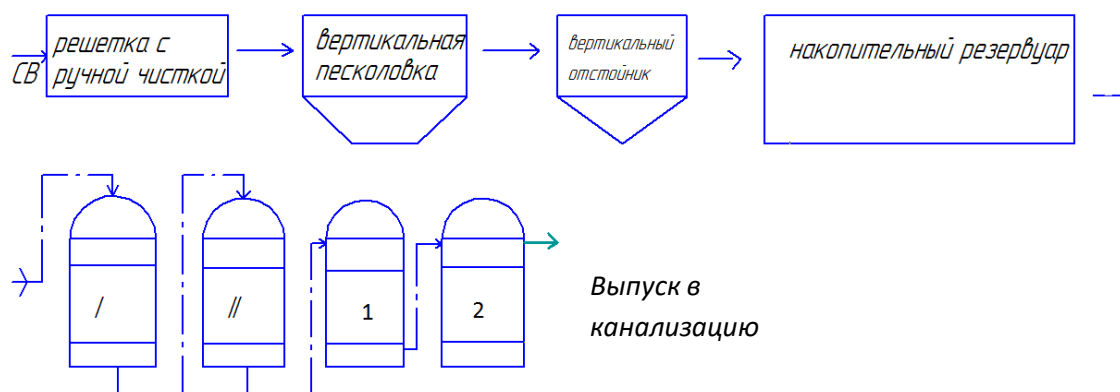
первом этапе стоки поступают на решетки для удаления крупного мусора. Затем вода направляется в блок механической очистки от взвешенных частиц и нефтепродуктов: в песколовку и отстойник. Предлагаются сооружения вертикального типа, поскольку они компактны и не требуют двигающихся скребковых элементов в своей конструкции.

Этап отстаивания обеспечит эффективность работы по взвешенным веществам до 95%, по нефтепродуктам до 90%.

По нефтепродуктам (4 мг/л, ПДК к сбросу в городскую канализационную сеть) требуется доочистка талой воды. В связи с тем, что взвешенных веществ в воде после отстаивания будет порядка 75 мг/л, принята двухступенчатая фильтрация на крупнозернистых фильтрах и на фильтрах с загрузкой дробленым антрацитом. Фильтр 1-ой ступени – крупнозернистые, фильтрация сверху-вниз, скорость фильтрации – 0,4 м/час, длина фильтра – 10 м. Поддерживающие слои – гравий крупностью 20-5 мм, загрузка – щебень крупностью 5-2 мм, высотой 1,0 м. Эффективность очистки по взвешенным веществам – 50%.

Фильтр II-ой ступени – фильтрация сверху-вниз, скорость фильтрации 0,4 м/час, длина фильтра – 5 м, поддерживающий слой – гравий крупностью 20-50 мм, загрузка – дробленый антрацит крупностью 0,8-1,5 мм, высотой 0,5 м. Двухступенчатая фильтрация гарантирует очистку талой воды по нефтепродуктам до 4 мг/л. По завершению сезона загрузка фильтров заменяется.

Для удаления ионов хлора и ионов железа заключительным этапом обработки стока предусмотрена двухступенчатая сорбция. Все сооружения прямоточного типа, что позволяет снизить затраты на дополнительные насосы подачи воды.



**Рис.6. Проект очистки стока с «сухой» снегоплавильной площадки города Ижевска:**

Примечание: I – фильтр первой ступени очистки; II – фильтр второй ступени очистки; 1 – сорбер для удаления хлора; 2 – сорбер для удаления железа

Выполнено сравнение технико-экономических показателей рассматриваемых объектов. Затраты на создание предлагаемой системы составят порядка 15,7 млн. руб. Одновременно с этим может быть рассмотрен вопрос применения передвижных снегоплавильных пунктов.

Подводя итоги работы, следует отметить актуальность комплексного решения вопроса утилизации снежных масс на территории города Ижевска. Эта проблема осознается и рассматривается органами местного самоуправления и собственником снегосвалки в районе ул. Пойма.

Многолетний мониторинг снежного покрова на улицах города показал высокую загрязненность снега противогололедными веществами, продуктами износа автопокрышек, выбросами предприятий. Поступление этих веществ в период снеготаяния в водные системы города является основной причиной их загрязнения и обмеления, нарушения и деградации экосистем.

Существует обширный опыт утилизации снежных масс в различных городах России и Европы. На современном рынке представлены различные системы и сооружения переработки снега, очистки талого стока и его обезвреживания.

Разработаны проекты оснащения существующей «сухой» снегосвалки ливневой канализацией с последующей очистки талых вод и снегоплавильной

станции на базе КНС-2 в микрорайоне Metallurg с очисткой стока и выпуском с учетом требований ПДК загрязняющих веществ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цветухина М. Как Ижевск борется со снегом URL: <http://izvestiaur.ru/society/16709001.html> (дата обращения: 09.01.2019).
2. Бурцева И. На свалке снега в Ижевске находят сотовые телефоны и госномера: Куда увозят снег с улиц города и что с ним происходит дальше? URL: <https://www.izh.kp.ru/daily/26331/3214759/> (дата обращения: 09.01.2019).
3. Хафизова М. Сугробам – нет: как убирают снег в Ижевске этой зимой? // Газета Ижлайф. от 11.02.2019 г. URL: <http://izhlife.ru/road/84927-sugrobam-net-kak-ubirayut-sneg-v-izhevske-etoj-zimoy.html> (дата обращения: 09.01.2019).
4. Шумилова М.А., Дружакина О.П. Снежный покров как интегральный индикатор загрязнения городской среды // «Экоаналитика-2011» и Школа молодых ученых, посвященные 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова: тезисы докладов VIII Всероссийской конференции по анализу объектов окружающей среды (26 июня -2 июля 2011 г.). Архангельск, 2011. С. 303.
5. Шумилова М.А., Садиуллина О.В., Петров В.Г. Исследование загрязненности снежного покрова на примере города Ижевска // Вестник Удмуртского университета. Физика. Химия. Вып. 2. 2012. С. 83 – 89.
6. Шумилова М.А., Дружакина О.П., Садиуллина О.В. Особенности химического состава снежного покрова г. Ижевска и его утилизация // Экология – 2011: материалы IV Международной молодежной научной конференции. Архангельск, 2011. С. 127 – 128.
7. Садиуллина О. В. Особенности химического состава снежного покрова г. Ижевска и его утилизация: материалы Итоговой студенческой научной конференции / науч. рук.: М. А. Шумилова, О. П. Дружакина. Ижевск: Удмурт. ун-т, 2011. С. 154 – 158.
8. Доценко А.И. Машины и оборудование природообустройства и охраны окружающей среды: учебное пособие. М.: Высшая школа, 2007. 519 с.
9. Систер В.Г., Корецкий В.Е. Инженерно-экологическая защита водной системы северного мегаполиса в зимний период: учеб. пособие. М.: Моск. госуд. ун-т. инженер. экологии, 2004 г. 159 с.



Поступила в редакцию 14.01.2019

**Сведения об авторах***Дружакина Ольга Павловна*

к.т.н., доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»,  
Россия, Удмуртская республика, г. Ижевск, ул. Университетская, к. 4  
E-mail: [druzhakina@mail.ru](mailto:druzhakina@mail.ru)

***O.P. Druzhakina*****THE ENVIRONMENTAL ASPECTS OF SNOW'S DISPOSAL FROM URBAN AREAS**

**Annotation.** The article deals with environmental issues of utilization of snow masses from the urban area on the example of the city of Izhevsk (Udmurt Republic). Snow cover assimilates anthropogenic pollution throughout the winter period. During the spring snowmelt pollution transports to the soil and water bodies. It causes biological and chemical pollution, clogging of natural ecosystems. In the period 2010 – 2012 staff and students of the Department of Engineering of environmental protection of Udmurt state University in cooperation with the Laboratory of environmental and resource-saving technologies of the Institute of mechanics RAN conducted studies of the chemical composition of snow in different areas of Izhevsk. In 2015 on the basis of the data obtained, a comprehensive project of a snow melting station based on urban Sewerage networks with a local wastewater treatment system and a project for collecting melt water of the existing «dry» snow melting site was developed. A feasibility study of the projects was carried out.

**Keywords:** snow cover, monitoring of snow cover, pollution from auto transport, snow melting station, «dry» snow melting station, wastewater treatment, utilization of snow masses, water pollution, assimilation of emissions from motor transport, the snow dump.

*For citation:* O.P. Druzhakina [The environmental aspects of snow's disposal from urban areas]. *Upravlenie texnosferoj*, 2019, vol. 2, issue 1. (In Russ) Available at: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

**REFERENCES**

1. TSvetukhina M. *Kak Izhevsk boretsya so snegom* [Izhevsk struggles with snow] (In Russ) Available at: <http://izvestiaur.ru/society/16709001.html> (accessed 09.01.2019).
2. Burtseva I. *Na svalke snega v Izhevsk nakhodyat sotovyye telefony i gosnomera: Kuda uvozyat sneg s ulits goroda i chto s nim proiskhodit dal'she?* [At the snow dump in Izhevsk find cell phones and license plates: Where the snow is taken from the streets of the city and what happens to it next?] (In Russ). Available at: <https://www.izh.kp.ru/daily/26331/3214759/> (accessed 09.01.2019).
3. KHafizova M. *Sugrobam – net: kak ubirayut sneg v Izhevsk etoy zimoy?* [Snowdrifts-no: how to

clean snow in Izhevsk this winter?], Newspaper Izhlife from 11.02.2009 year (In Russ). Available at: <http://izhlife.ru/road/84927-sugrobam-net-kak-ubirayut-sneg-v-izhevske-etoy-zimoy.html>

(accessed 09.01.2019).

4. SHumilova M.A., Druzhakina O.P. [Snow cover as an integral indicator of urban pollution], *Ekoanalitika-2011 i SHkola molodykh uchenykh, posvyashchennyye 300-letiyu so dnya rozhdeniya M.V. Lomonosova: tez. doklad. VIII Vserossiyskoy konferentsii po analizu ob'yektov okruzhayushchey sredy* [Eco-Analytics and the School of young scientists dedicated to the 300th anniversary of the birth of M. V. Lomonosov: abstracts of VIII All-Russian conference on the analysis of environmental objects (26 June – 2 July, 2011)]. Arkhangelsk, 2011, P. 303. (In Russ)
5. SHumilova M.A., Sadiullina O.V., Petrov V.G. [The study of pollution of snow cover on the example of the city of Izhevsk], *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Fizika. KHimiya*, 2012, issue 1-2, pp. 83 – 89. (In Russ)
6. SHumilova M.A., Druzhakina O.P., Sadiullina O.V. [Peculiarities of chemical composition of snow cover in the city of Izhevsk and its utilization], *Ekologiya – 2011: materialy IV Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii* [Ecology 2011: materials of IV International youth scientific conference], Arkhangelsk, 2011, pp. 127 – 128. (In Russ)
7. Sadiullina O. V. [Peculiarities of chemical composition of snow cover in the city of Izhevsk and its utilization], *materialy Itogovoy studencheskoy nauchnoy konferentsii* [materials of Finaly student scientific conference], scientific advisers are M. A. SHumilova, O. P. Druzhakina. Izhevsk, Udmurt state University, 2011, pp. 154 – 158. (In Russ)
8. Dotsenko A.I. *Mashiny i oborudovaniye prirodoobustroystva i okhrany okruzhayushchey sredy* [Machines and equipment environmental engineering and environmental protection]: textbook. Moscow, Higher school, 2007, 519 p. (In Russ)
9. Sister V.G., Koretskiy V.E. *Inzhenerno-ekologicheskaya zashchita vodnoy sistemy severnogo megapolisa v zimniy period* [Engineering and environmental protection of the water system of the Northern metropolis in winter]: a textbook. Moscow, Moscow State University of environmental engineering, 2004, 159 p. (In Russ)

Received 14.01.2019

#### **About the Authors**

*Druzhakina Olga*, Ph.D., Associate Professor  
at the Department of environmental engineering "Udmurt State University,  
Russia, Izhevsk, Universitetskay str., 4  
E-mail: [druzhakina@mail.ru](mailto:druzhakina@mail.ru)