

УДК 332.3(571.16)

DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-1-174-191

## **О СОДЕРЖАНИИ МОНИТОРИНГА СНЕЖНЫХ ОТВАЛОВ И ПОДВЕРЖЕННЫХ ИХ ВЛИЯНИЮ ЗЕМЕЛЬ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТОМСКА)**

### ***Валерий Борисович Жарников***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры кадастра и территориального планирования, тел. (383)361-05-66, e-mail: v.b.jarnikov@ssga.ru

### ***Ольга Анатольевна Пасько***

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, доктор сельскохозяйственных наук, профессор отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов, тел. (3822)60-63-85, e-mail: oap@tpu.ru

### ***Наталья Сергеевна Ушакова***

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, аспирант отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов, тел. (3822)60-63-85 e-mail: ushakova@green.tsu.ru

### ***Елена Сергеевна Макартцова***

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, магистрант отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов, тел. (3822)60-63-85, e-mail: elena.makartsova.95@yandex.ru

Деградация земель северных городов вследствие долгих зим, механической уборки снега и циклических процессов замерзания и оттаивания почв и грунтов, воздействия на них разной динамики гидрологических процессов с участием огромного числа отсутствующих в природе химических веществ, включая стойкие органические загрязнители, требует серьезного осмысления возникающих научных и практических задач, методов и технологий, способных предотвратить большинство негативных процессов, а влияние оставшихся максимально снизить, обеспечивая современный уровень благополучия окружающей человека среды, особенно в крупных городах, на строительных и промышленных площадках. Данная проблематика является составной частью современной стратегии управления земельными ресурсами по обеспечению их рационального использования и охраны. Важнейшую роль здесь играет мониторинг земель, почв, воды и атмосферы, позволяющий изучить состояние и динамику развития природных и антропогенных процессов, их соотношение и на этой основе разработать адекватные реальным ситуациям программы действий, в том числе мелиорации и рекультивации земель и территорий, в частности, полигонов снежных отвалов и прилежащих к ним ландшафтов. В статье показана проблемная ситуация борьбы со снегом в северных городах, отмечена насыщенность снежных масс множеством опасных для человека и природы загрязнителей, особенно проявляющихся на территориях полигонов их сезонной утилизации. Сделан вывод о необходимости перехода от исследования проблемы к практике ее разрешения на основе мониторинга, оценки влияния снежных масс, разработки и реализации реабилитирующих городские ландшафты программ. Представленные результаты натурных исследований, их анализа и интерпретации позволили сформировать научно-методические основы соответствующей поставленной задаче программы.

**Ключевые слова:** мониторинг, городские земли, ландшафт, оценка состояния, процесс, снежные отвалы, загрязняющие вещества, гидрохимический состав, методика, программа.

### ***Введение***

Снежный покров является естественным накопителем загрязнений, формирующихся в результате выбросов в атмосферу летучих веществ промышленного и бытового происхождения, со временем выпадающих на землю и ее снежный покров, всегда проблемный для населенных мест, особенно северных городов [1]. С начала 1990-х гг. изучение снегового покрова показало его сложный геохимический состав, включающий целый ряд стойких загрязнителей, в том числе аэрозоли ртути с концентрацией 0,26–17,61 мг/кв. км [2, 3]. Велико загрязнение воздуха и снежного покрова угольной пылью, источником которой являются котельные, работающие на угле, а также выбросами автотранспорта, доля которых становится преобладающей [4]. В г. Томске, в частности, доля выбросов автотранспорта в суммарном объеме общегородских выбросов составляет около 80 % (более 80 тыс. т/год) и тенденций к снижению пока не имеет [5].

Рост числа транспортных средств и дорожных заторов в последние 20 лет повысил уровень загрязнения снега в 1,5–2 раза [6]. В снежных массах с дорожных покрытий отмечено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по содержанию тяжелых металлов в 1,5–330 раз [7], встречаются грубодисперсные вещества (мусор, песок, гравий, пластик, стекло), значительно содержание нефтепродуктов. В результате в 1,5–5 раз возрастает плотность снега: с 0,06–0,34 т/м<sup>3</sup> до 0,3–0,5 т/м<sup>3</sup> на придорожных территориях, что определяет трудности его уборки, складирования и ликвидации воздействия на городские ландшафты. Снежная масса сильно загрязнена, содержит бытовой, строительный мусор, песок, в связи с чем специалисты предлагают обращаться с ней как с коммунальными отходами. Однако соответствующие стандарты отсутствуют, в том числе по выбору мест для складирования снега и их оборудованию. Следствием этого становятся неблагоприятные экологические процессы: разуплотнение грунтов, дорожных покрытий, заболачивание отдельных земельных участков и даже крупных территорий, увеличение интенсивности эрозионных процессов, других процессов, приводящих к деградации городских ландшафтов [8–10].

В этой связи встает ряд научно-практических задач [11, 12], решение которых способно улучшить состояние городской среды. Среди первоочередных выделим задачу мониторинга состояния территорий полигонов снежных отвалов (в зимнее-весенний и летний периоды) с оценкой состояния и прогнозом развития негативных процессов с целью обеспечения минимизации загрязнения городских ландшафтов, а при необходимости их своевременной рекультивации, в частности, антропогенных снежников, часто формирующихся [13] во многих регионах России.

### Состояние проблемы

Актуальность проблемы организации территорий северных городов, особенно в зимний период, известна, но работ по оценке влияния снежных масс, определяемых как снежные отвалы, немного [14–16]. Одним из инициаторов исследования данной проблемы является Институт природных ресурсов Томского политехнического университета, начавший в г. Южно-Сахалинске наблюдения за снежными полигонами в 2010 г. и продолжающий их до настоящего времени [17, 18]. Наблюдения включают: определение сезонных объемов снега на полигонах, средней плотности снежно-ледовой массы, динамики площадей полигонов и других параметров (табл. 1). В 2015 г. подобный мониторинг начат в г. Томске.

Таблица 1

Параметры снежных полигонов в г. Южно-Сахалинске

| Сезон     | Максимальный объем снега на полигонах за сезон, тыс. м <sup>3</sup> |           | Средняя плотность снежно-ледовой массы с включениями (на конец марта), кг/м <sup>3</sup> |           | Максимальная площадь полигона за сезон, га |           |
|-----------|---|-----------|--|-----------|--|-----------|
|           | полигон-1   | полигон-2 | полигон-1  | полигон-2 | полигон-1                                  | полигон-2 |
| 2010–2011 | 264   | 540       | 800  | 800       | 3,3  | 6,0       |
| 2011–2012 | 380   | 765       | 800  | 600       | 3,8  | 9,0       |
| 2012–2013 | 350   | 1 176     | 900  | 700       | 3,5  | 14,7      |
| 2013–2014 | 420   | 1 240     | 800  | 700       | 3,5  | 15,5      |
| 2014–2015 | 315   | 1 085     | –  | –         | 3,5  | 15,5      |

Уплотнение снежной массы и высокое содержание в ней песка и мусора ведут к консервации ледяного ядра и образованию мерзлых пород, блокирующих проникновение талых вод в почву, увеличивающих поверхностный сток и, как следствие, активизирующих негативные процессы. Так, в г. Южно-Сахалинске талая вода с полигона напрямую поступает в р. Сусуя – водоем рыбохозяйственного назначения, заметно снижая его продуктивность [19]. В почвах установлено превышение содержания тяжелых металлов, причем по некоторым элементам в 3-4 раза. Захламление территории полигона мусором ведет к изменению гранулометрического состава и агрофизических свойств грунтов и аккумуляции загрязнений, что становится препятствием для развития растительного покрова.

Исследования, проведенные на территориях снежных отвалов г. Томска, выявили значительную трансформацию почв [20]: их щелочную реакцию, низкое содержание гумуса, калия, кальция и магния, на отдельных участках почвенный покров заменен техноземом – субстратом из перепревающих опилок, причем с превышением ПДК по свинцу в верхнем слое до трех раз.

Таким образом существует проблема снежных отвалов и обустройства полигонов для них с целью снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций и даже экологических катастроф [7] (рис. 1).

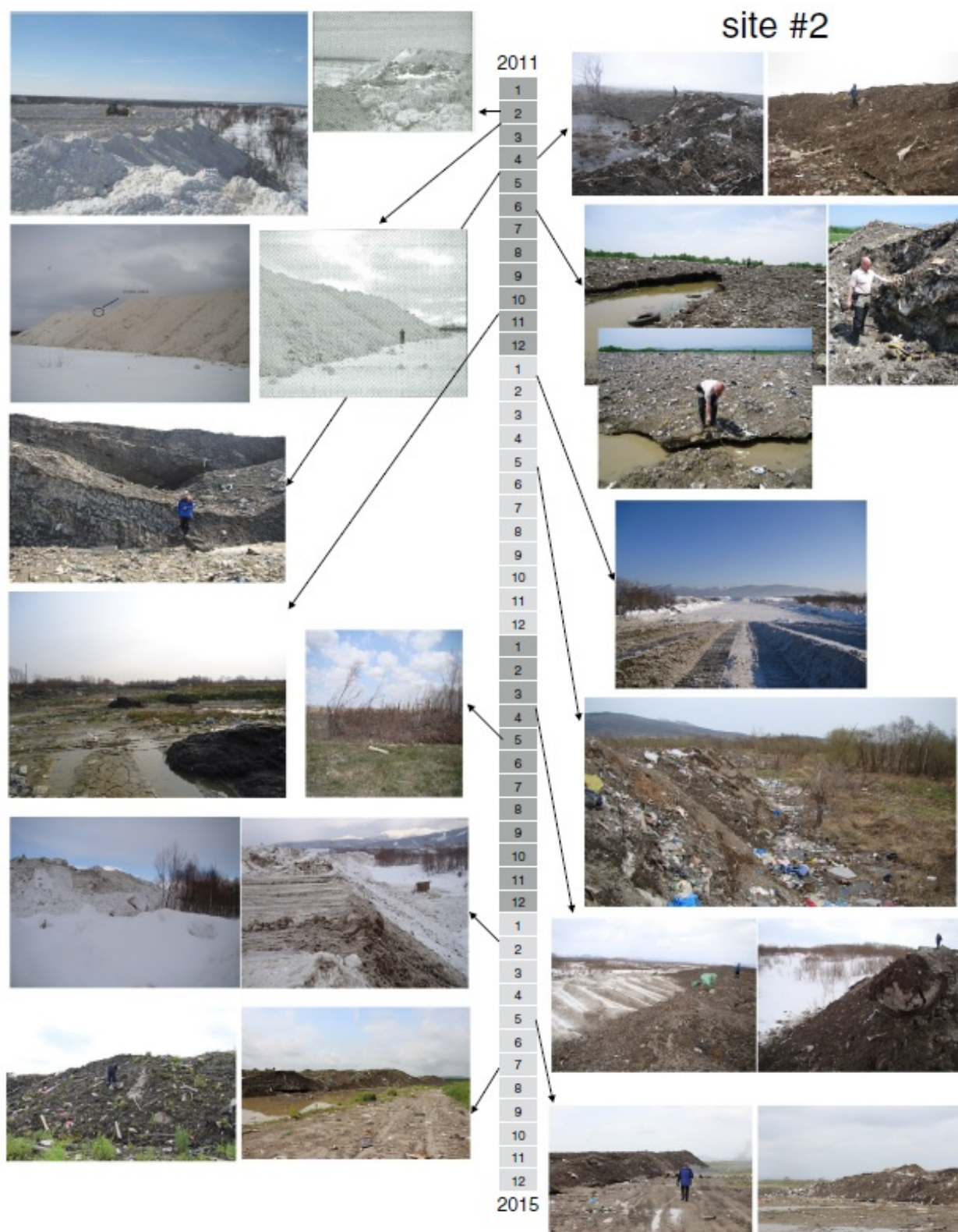


Рис. 1. Фотографии ландшафтов разных лет, характеризующие деградацию их территорий после таяния снегов

Для снижения напряженности подобных ситуаций в городах рекомендуется осуществить гидроизоляцию оснований полигонов; выполнять обваловку мест складирования снега, оборудовать стоки талых вод в систему городской канализации, выполнять оценку влияния снежных отвалов на экологическое состояние городской среды, прежде всего на городские земли [21]. Следует подчеркнуть, что решение подобных задач соответствует содержанию территориального землеустройства с определенными особенностями, присущими городам и указанными акад. РАН С. Н. Волковым в его трудах по землеустройству [22].

Мировой опыт показывает [23, 24], что для решения одной из таких задач – поддержания бесперебойного функционирования высоконагруженной дорожной сети северного мегаполиса – необходима реализация следующего технологического комплекса:

- оценка объемов выпадающих снежных масс и периодичность их образования на дорожных покрытиях;
- использование высокоэффективных видов противогололедных реагентов и технологий их применения;
- разработка и реализация обоснованных решений по утилизации снега, объем которого в отдельные зимы в крупных северных городах превышает 1,5–2 млн м<sup>3</sup> и более.

В России проблема снегоудаления [17] в настоящее время решается тремя способами:

- применением противогололедных реагентов для низкотемпературного таяния снега с последующим отводом талых вод системой водостока;
- механизированным удалением снега с дорог и последующим сбросом непосредственно в водные объекты города;
- складированием снега на специально отведенных площадках – полигонах снежных отвалов.

### ***Факторы загрязнения городских земель и его оценка на территориях снежных отвалов***

Известно, что ускорение процессов снеготаяния устойчиво коррелирует с содержанием пылевых примесей в снегу (коэффициент корреляции составляет 0,97 [3]), а сход снежного покрова в зонах повышенного загрязнения происходит на 3–10 дней раньше, чем на чистых участках. Это также свидетельствует о возможном загрязнении снега поллютантами (табл. 2).

Отмечена высокая корреляция между содержанием загрязнений в снегу и почве  $K = +0,974$ , по-видимому вызванная миграцией поллютантов. На снежных отвалах СО-3 и СО-4 выявлено более высокое, чем в фоне, содержание кадмия, свинца, никеля, сульфат-иона, хлорид-иона, нефтепродуктов, более низкое – цинка, меди и железа. На снежном отвале СО-4 отмечено превышение ПДК по всем изученным веществам, в том числе в снеге объем взвешенных веществ составил 1 664 мг/кг.

Таблица 2

## Загрязнение почв и снега снежного отвала и фонового участка

| Химические элементы            | Содержание химических элементов |        |                      |        |          |           |           |
|--------------------------------|---------------------------------|--------|----------------------|--------|----------|-----------|-----------|
|                                | в почве                         |        |                      |        |          | в снегу   |           |
|                                | СО-3                            |        | СО-4                 |        | ПДК      | СО-3      | СО-4      |
|                                | снежный отвал, мг/кг            | фон    | снежный отвал, мг/кг | фон    |          |           |           |
| 1. Цинк                        | 46                              | 60     | 83                   | 194    | 32       | 0,31      | 0,29      |
| 2. Медь                        | 15,1                            | 20,7   | 32                   | 80     | 4        | 0,097     | 0,041     |
| 3. Кадмий                      | 0,072                           | <0,05  | <0,05                | 0,166  | 6        | <0,000 01 | <0,000 01 |
| 4. Свинец                      | 12,5                            | 10,4   | 12,5                 | 53     | 200–1000 | 0,0031    | 0,016     |
| 5. Никель                      | 16,2                            | 15     | 14,8                 | 38     | 2,1      | 0,043     | 0,022     |
| 6. Хром                        | 8,2                             | 7,2    | 7,8                  | 20,9   | –        | 0,055     | 0,038     |
| 7. Железо                      | 3 588                           | 4 210  | 5 909                | 16 237 | –        | 101       | 51,7      |
| 8. Ртуть                       | <0,005                          | <0,005 | <0,005               | <0,005 | –        |           |           |
| 9. Сульфат-ион                 | 84                              | 26,2   | 58                   | 21,3   | –        | 10        | <10       |
| 10. Хлорид-ион                 | 56                              | 10,2   | 14,6                 | 15,5   | –        | 2,86      | <2        |
| 11. Нефтепродукты              | 915                             | <50    | 3990                 | 1934   | –        | 16,3      | >50,0     |
| 12. Токсичность острая         | Отс.                            | Отс.   | Нал.                 | Отс.   | –        |           |           |
| 13. Взвешенные<br>14. вещества |                                 |        |                      |        |          | 1 664     | 1 991     |

*Примечание.* СО-3 – данные по снежному отвалу (СО-4 в пос. Хромовка, СО-4 – данные по снежному отвалу на пересечении ул. Ивановского-Высоцкого).

В целях оценки степени влияния метода снегоудаления также были проведены исследования загрязнений атмосферы и снежного покрова автотранспортом, загрязнения снежного покрова и почвы на снежных отвалах, прогнозирование динамики изменения площадей снежных отвалов.

В результате определена значительная роль в этом процессе динамики загрязненных воздушных масс, а одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха определен автотранспорт. К числу основных загрязняющих веществ отнесены: нитриты, железо, свинец, взвешенные вещества, нефтепродукты. Оценку влияния выбросов автотранспорта на окружающую среду в зимнее время рекомендовано осуществлять методом снеговой съемки, которая помогает оценить суммарные накопления загрязняющих веществ в снежном покрове, вызванные их выпадением из атмосферного воздуха. При этом в снеге на перекрестках накапливается большое количество взвешенных веществ, в том числе канцерогенов: нитритов, нитратов, фенолов, хлоридов, бензопирена и свинца (табл. 3).

В последние годы для снижения нагрузки автотранспорта на окружающую среду и здоровье людей в г. Томске ведется активная работа, поэтому в недалекой перспективе должны появиться серьезные факторы экологического благополучия, прежде всего, более экологичный транспорт и рациональные схемы его движения внутри города с выведением транзитных потоков на объездные магистрали, новые системы благоустройства и озеленения улиц [6].

## Загрязнение снега в г. Томске

| Загрязняющее вещество                       | Содержание в снегу на улицах г. Томска, мг/дм <sup>3</sup> |           |              |                   |                     |                        |            |                               |                     |             |                           |
|---|--|-----------|--------------|-------------------|---------------------|------------------------|------------|-------------------------------|---------------------|-------------|---------------------------|
|   | пл. Новособорная   | пл. Южная | ул. Нахимова | пр. Комсомольский | ул. Красноармейская | пр. Ленина, пр. Кирова | пр. Фрунзе | пл. Соляная – Кузнечный взвоз | ул. Иркутский тракт | ул. Ключева | ул. Пушкина, ул. Яковлева |
| 1. Взвешенные вещества                      | 3 075  | 2 705     | 1 671        | 5 483             | 8 736               | 7 608                  | 2 007      | 2 454                         | 574                 | 517         | 2 282                     |
| 2. Сухой остаток                            | 2 826  | 694       | 1 220        | 1 588             | 1 796               | 2 740                  | 2 088      | 2 710                         | 130                 | 124         | 2 098                     |
| 3. Сульфат-ион                              | 10,6   | <10,0     | <10,0        | <10,0             | 12,6                | 12,4                   | <10,0      | 12,0                          | <10,0               | <10,0       | <10,0                     |
| 4. Водный показатель                        | 8,6  | 8,6       | 8,5          | 8,3               | 8,3                 | 8,2                    | 8,0        | 8,2                           | 8,4                 | 8,4         | 8,1                       |
| 5. Аммоний-ион                              | 0,66   | 0,75      | 0,58         | 1,44              | 1,20                | 1,19                   | 1,89       | 2,16                          | 0,96                | 0,55        | 2,00                      |
| 6. Нитрит-ион                               | 1,01   | 0,84      | 0,66         | 0,71              | 0,74                | 1,04                   | 0,78       | 0,97                          | 0,13                | 0,16        | 1,03                      |
| 7. Нитрат-ион                               | 4,02   | 1,96      | 0,76         | <0,1              | <0,1                | 1,52                   | 4,64       | 2,87                          | 0,79                | 0,51        | 2,99                      |
| 8. Хлорид-ион                               | 1 621  | 381       | 741          | 971               | 1 148               | 1 783                  | 1 187      | 1 975                         | 25,5                | 14,5        | 1 078                     |
| 9. Фосфат-ион                               | 0,29   | 0,42      | 0,27         | 0,48              | 0,97                | 0,42                   | <0,05      | <0,05                         | 0,19                | 0,13        | <0,05                     |
| 10. ХПХ, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | 420  | 720       | 360          | 720               | 860                 | 900                    | 178        | 216                           | 254                 | 144         | 317                       |
| 11. Железо (общее)                          | 85,7   | 124       | 44,3         | 82,6              | 106                 | 90,6                   | 130        | 121                           | 24,8                | 40,1        | 122                       |
| 12. Фенолы летучие                          | 0,063  | 0,023     | 0,058        | 0,036             | 0,026               | 0,032                  | 0,024      | <0,002                        | 0,0021              | 0,0069      | 0,042                     |
| 13. Нефтепродукты                           | 4,49   | 8,2       | 5,75         | >50,0             | >50,0               | 34,5                   | 1,21       | 0,71                          | 24,0                | 10,0        | 3,72                      |
| 14. АПАВ                                    | 0,05   | <0,025    | <0,025       | 0,046             | 0,040               | 0,030                  | 0,067      | 0,11                          | 0,037               | 0,027       | 0,059                     |
| 15. Цинк                                    | 0,17   | 0,093     | 0,11         | 0,42              | 0,86                | 0,78                   | 0,36       | 0,19                          | 0,33                | 0,29        | 0,25                      |
| 16. Свинец                                  | 0,002 6  | 0,000 6   | 0,001 2      | 0,005 7           | 0,015               | 0,012                  | 0,069      | 0,036                         | 0,045               | 0,040       | 0,053                     |
| 17. Медь                                    | 0,065  | 0,035     | 0,054        | 0,23              | 0,35                | 0,39                   | 0,19       | 0,091                         | 0,10                | 0,061       | 0,10                      |
| 18. Кадмий                                  | 0,000 24   | 0,000 08  | 0,000 11     | 0,000 14          | 0,000 35            | 0,000 28               | 0,000 37   | 0,000 15                      | 0,000 36            | 0,000 26    | 0,000 25                  |
| 19. Бенз(а)пирен                            | 0,16   | 0,070     | 0,12         | 0,046             | 0,073               | 0,042                  | 0,046      | 0,040                         | 0,019               | 0,018       | 0,055                     |
| 20. Токсичность острая                      | Отс.   | Отс.      | Отс.         | Отс.              | Отс.                | Отс.                   | Отс.       | Отс.                          | Отс.                | Отс.        | Отс.                      |

Анализ химического состава покрова снежных отвалов г. Томска (табл. 4) показал, что концентрации таких веществ, как сульфат-ион, аммоний-ион, нитрат-ион, фосфат-ион, АПАФ (анионные поверхностные активные вещества), цинк, свинец, бенз(а)пирен в разы превышают концентрации тех же химических веществ в снежном покрове за пределами полигонов. Подобна ситуация и в отношении других, не менее опасных веществ: нитрит- и хлорид-ионов, фенолов, меди и кадмия, и особенно нефтепродуктов – их превышение составляет сотни раз.

Талые воды со снежных отвалов являются источником вторичного загрязнения почвогрунтов, поверхностных и подземных вод. По мере таяния снега загрязняющие вещества либо выносятся по рельефу с водой, либо мигрируют, отфильтровываясь к грунтовым.

Большая часть загрязняющих веществ аккумулируется в почве на территории снежных отвалов. В результате исследований 2014 г. методом анализа проб снега и почв на территориях полигонов (табл. 5, 6) выявлено повышенное содержание загрязняющих веществ, а также установлено, что по мере таяния снега их концентрация в почве увеличивается: содержание цинка к осени в среднем возрастает на 43 мг/кг, кадмия – на 3 мг/кг, свинца – на 6 мг/кг, никеля – на 30 мг/кг, сульфат-иона – на 90,4 мг/кг, нефтепродуктов – на 596,75 мг/кг.

Таблица 4

Загрязнение снега на территории снежных отвалов

| Химические элементы     | Содержание в снеге на территории снежного отвала (мг/дм <sup>3</sup> ) |  |  |  |
|-------------------------|--|--|--|--|
|                         | Кировский район г. Томска, ул. Московский тракт, 121, 123              | Советский район г. Томска, п. Хромовка, 35/2 | Октябрьский район г. Томска, ул. Ивановского-Высоцкого | Ленинский район г. Томска, ул. Мостовая, 40а |
| 1. Цинк                 | 0,23   | 0,31   | 0,29   | 0,3  |
| 2. Медь                 | 0,043  | 0,097  | 0,041  | 0,094  |
| 3. Кадмий               | <0,000 01  | <0,000 01                                    | <0,000 01  | <0,000 01                                    |
| 4. Свинец               | 0,017  | 0,0031                                       | 0,016  | <0,000 2                                     |
| 5. Никель               | 0,021  | 0,043  | 0,022  | 0,03   |
| 6. Хром                 | 0,038  | 0,055  | 0,038  | 0,057  |
| 7. Железо               | 245  | 101  | 51,7   | 170  |
| 8. Ртуть                | <0,000 01  | <0,000 01                                    | <0,000 01  | <0,000 01                                    |
| 9. Сульфат-ион          | <10  | <10  | <10  | <10  |
| 10. Хлорид-ион          | <2   | 2,86   | <2   | 2,1  |
| 11. Нефтепродукты       | 22,6   | 16,3   | >50,0  | 14   |
| 12. Токсичность острая  | Нал.   | Отс.   | Отс.   | Отс.   |
| 13. Взвешенные вещества | 2 498  | 1 664  | 1 991  | 2 612  |



Таблица 5

Анализ содержания загрязняющих веществ в почве на территории снежных отвалов в апреле 2014 г.

| Химические элементы    | Место расположения снежного отвала                           |   |  |   |   |   |  |   | ПДК, мг/кг |
|------------------------|--|---|--|---|---|---|--|---|------------|
|                        | Кировский район<br>г. Томска, ул. Московский тракт, 121, 123 |   | Советский район<br>г. Томска,<br>п. Хромовка, 35/2       |   | Октябрьский район<br>г. Томска, ул. Ивановского-Высоцкого |   | Ленинский район<br>г. Томска,<br>ул. Мостовая, 40а       |   |            |
|                        | Содержание в почве на территории снежного отвала (мг/кг)     | Содержание в почве за территорией снежного отвала (мг/кг) | Содержание в почве на территории снежного отвала (мг/кг) | Содержание в почве за территорией снежного отвала (мг/кг) | Содержание в почве на территории снежного отвала (мг/кг)  | Содержание в почве за территорией снежного отвала (мг/кг) | Содержание в почве на территории снежного отвала (мг/кг) | Содержание в почве за территорией снежного отвала (мг/кг) |            |
| 1. Цинк                | 42   | 46  | 26,9   | 34  | 23  | 31,6  | 24,4   | 60  | 23         |
| 2. Медь                | 15,9   | 16,7  | 9,2  | 18,4  | 20,8  | 21,3  | 18,2   | 20,5  | 3          |
| 3. Кадмий              | 0,11   | 0,36  | 0,074  | <0,05   | 0,37  | 0,11  | <0,05  | 0,18  | -          |
| 4. Свинец              | <0,5   | 1,32  | 10,6   | 0,5   | 2,07  | 13,3  | 0,81   | 3,8   | 32         |
| 5. Никель              | 13,8   | 7   | 15,9   | <0,5  | 3,6   | 6,5   | <0,5   | 16,9  | 4          |
| 6. Хром                | 29   | 31,8  | 8,7  | 15,9  | 10,4  | 15,2  | 12,9   | 22,2  | 6          |
| 7. Железо              | 11 581   | 21 317  | 3 238  | 3 619   | 5 968   | 5 108   | 11 034   | 7 881   | 200–1 000  |
| 8. Ртуть               | <0,005   | <0,005  | <0,005   | <0,005  | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005  | 2,1        |
| 9. Сульфат-ион         | 37,6   | 33,8  | 27,0   | 35,5  | 19,6  | 15,6  | 21,7   | 40,9  | –          |
| 10. Хлорид-ион         | 114  | 31,2  | 26,3   | 120   | 28,9  | 16,6  | 180  | 35,8  | –          |
| 11. Нефтепродукты      | 367  | 183   | 153  | 4438  | 1462  | 527   | 2862   | 543   | –          |
| 12. Токсичность острая | Отс.   | Отс.  | Отс.   | Отс.  | Отс.  | Отс.  | Нал.   | Отс.  | –          |

Таблица 6

Анализ содержания загрязняющих веществ в почве на территории снежных отвалов в сентябре 2014 г.

| Химические элементы    | Место расположения снежного отвала                           |   |  |   |   |   |  |   | ПДК, мг/кг |
|------------------------|--|---|--|---|---|---|--|---|------------|
|                        | Кировский район<br>г. Томска, ул. Московский тракт, 121, 123 |   | Советский район<br>г. Томска,<br>п. Хромовка, 35/2       |   | Октябрьский район<br>г. Томска, ул. Ивановского-Высоцкого |   | Ленинский район<br>г. Томска,<br>ул. Мостовая, 40а       |   |            |
|                        | Содержание в почве на территории снежного отвала (мг/кг)     | Содержание в почве за территорией снежного отвала (мг/кг) | Содержание в почве на территории снежного отвала (мг/кг) | Содержание в почве за территорией снежного отвала (мг/кг) | Содержание в почве на территории снежного отвала (мг/кг)  | Содержание в почве за территорией снежного отвала (мг/кг) | Содержание в почве на территории снежного отвала (мг/кг) | Содержание в почве за территорией снежного отвала (мг/кг) |            |
| 1. Цинк                | 63   | 91  | 46   | 60  | 83  | 194   | 96   | 50  | 32         |
| 2. Медь                | 17   | 23,9  | 15,1   | 20,7  | 32  | 80  | 11,3   | 13,5  | 4          |
| 3. Кадмий              | <0,05  | <0,05   | 0,072  | <0,05   | <0,05   | 0,166   | 0,067  | <0,05   | 6          |
| 4. Свинец              | 8,1  | 11,1  | 12,5   | 10,4  | 12,5  | 53  | 5,4  | 14,8  | 200–1 000  |
| 5. Никель              | 119  | 39  | 16,2   | 15  | 14,8  | 38  | 4,1  | 17,7  | 2,1        |
| 6. Хром                | 15,7   | 19,5  | 8,2  | 7,2   | 7,8   | 20,9  | 1,47   | 11,9  | –          |
| 7. Железо              | 16 879   | 16 308  | 3 588  | 4 210   | 5 909   | 16 237  | 905  | 9 674   | –          |
| 8. Ртуть               | <0,005   | <0,005  | <0,005   | <0,005  | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005  | –          |
| 9. Сульфат-ион         | 13,8   | 15,1  | 84   | 26,2  | 58  | 21,3  | 40,5   | 39,9  | –          |
| 10. Хлорид-ион         | 19,4   | 8,7   | 56   | 10,2  | 14,6  | 15,5  | 18,9   | 8,2   | –          |
| 11. Нефтепродукты      | <50  | <50   | 915  | <50   | 3990  | 1934  | 2276   | 295   | –          |
| 12. Токсичность острая | Нал.   | Отс.  | Отс.   | Отс.  | Нал.  | Отс.  | Отс.   | Отс.  | –          |

Результаты анализа динамики изменения площадей снежных отвалов (СО) с использованием программного обеспечения QGIS 2.0.1 представлены на рис. 2, 3 и в табл. 7, 8 (СО ул. Ивановского-Высоцкого).

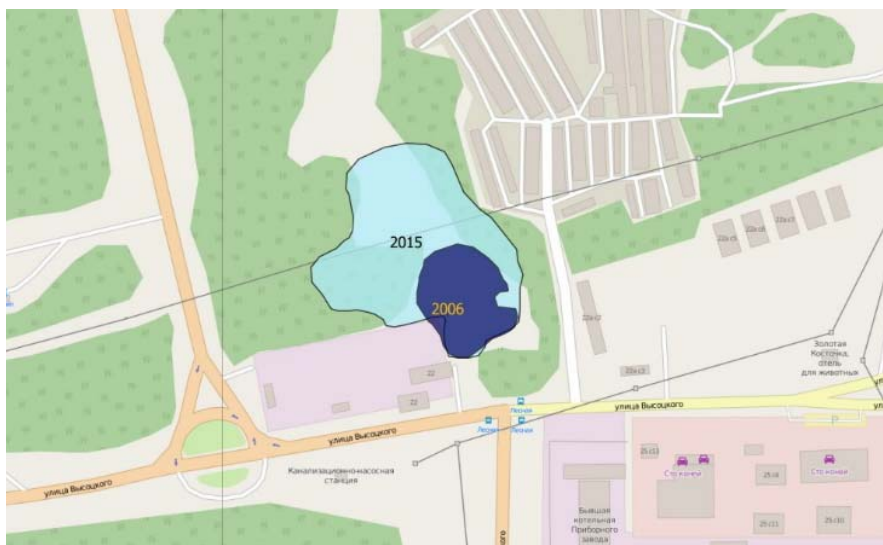


Рис. 2. Динамика границ СО № 1 в 2006 г. (синий цвет) и 2015 г. (голубой цвет)



Рис. 3. Динамика границ СО № 2 в 2013 г. (синий цвет) и 2015 г. (розовый цвет)

Таблица 7

Динамика площади СО № 1 в 2006–2016 гг.

| Год            | 2006   | 2008   | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Площадь, кв. м | 20 178 | 24 151 | 55 005 | 44 686 | 47 125 | 33 443 | 39 743 | 74 659 | 64 014 |

Таблица 8

Динамика площади СО № 2 в 2007–2016 гг.

| Год            | 2007    | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    | 2012   | 2013   | 2014    | 2015    | 2016    |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Площадь, кв. м | 148 736 | 158 945 | 173 542 | 176 992 | 178 954 | 76 785 | 83 647 | 104 781 | 143 578 | 103 125 |

Результаты проведенного исследования позволили построить карты полигонов снежных отвалов, рассчитать значения их площадей, составить практически полностью подтвердившиеся прогнозы на 2016 г., а также сделать выводы о том, что территории снежных отвалов в границах города постоянно растут и требуют проведения необходимого мониторинга их состояния как в зимний, так и в весенне-летний периоды с охватом прилежащих районов с последующей оценкой загрязнения городских ландшафтов.

В качестве наиболее объективного и информативного метода указанной оценки примем метод определения индекса загрязнения почв ИЗП, основу которого составляют критерии санитарно-эпидемиологического благополучия населения [10, 11], являющиеся функциями нормативных показателей ПДК и относительно допустимой концентрации (ОДК). В этом случае значение индекса загрязнения почв (ИЗП) рассчитывается по формуле

$$\text{ИЗП} = \sum_m^i (C_i / C_{\text{ПДК}}) / n = \sum_m^i (K_o) / n,$$

где  $K_o$  – коэффициент опасности;  $n$  – число ингредиентов;  $C_i / C_{\text{ПДК}}$  – отношение концентрации вещества в пробе к нормативу.

Значения  $\text{ИЗП} > 1,0$  характеризуют загрязненные земли (см. табл. 6), состояние которых с ростом значения индекса все более ухудшается.

Учитывая, что метод определения ИЗП применим для загрязняющих веществ, для которых установлены ПДК или ОДК, но необходимо знать кислотность исследуемых почв, такие исследования были проведены и результаты представлены в табл. 9.

Таблица 9

## Кислотность почв снежных отвалов (фрагмент)

| Номер пробы | Название                   | Глубина, см | pH <sub>водн.</sub> | Степень кислотности |
|-------------|----------------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 1           | Хромовка, P1, центр        | 0–10        | 8,84                | Щелочная            |
| 2           | Хромовка, разрез 2, смытый | 0–10        | 8,81                | Щелочная            |
| 3           | Хромовка, P1, центр        | 0–13        | 8,76                | Щелочная            |
| 4           | Хромовка, Ag, фон          | 0–13        | 7,32                | Нейтральная         |
| 5           | Хромовка, P2, R1           | 0–16        | 8,92                | Щелочная            |
| 6           | Хромовка, P1, Ап           | 22          | 7,84                | Щелочная            |
| 7           | Хромовка, P1, Ап           | 22          | 7,99                | Щелочная            |
| 8           | Хромовка, II, смытый       | 20–30       | 8,33                | Щелочная            |
| 9           | Хромовка, С, фон           | 30          | 7,55                | Щелочная            |
| 10          | Хромовка, АВ, P1, отвал    | 39          | 7,40                | Нейтральная         |

В табл. 10 представлены рассчитанные значения итоговых показателей – ИЗП.

Таблица 10

## Результаты оценки загрязнения земель на полигонах снежных отвалов г. Томска (фрагмент)

| Номер пробы | Название                   | Глубина взятия пробы, см | pH <sub>водн.</sub> | Степень кислотности | Коэффициент ИЗП | Расшифровка ИЗП         |
|-------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|
| 1           | Хромовка, P1, центр        | 0–10                     | 8,84                | Щелочная            | 0,98            | Близкий к загрязненному |
| 2           | Хромовка, разрез 2, смытый | 0–10                     | 8,81                | Сильнощелочная      | 0,98            | Близкий к загрязненному |
| 3           | Хромовка, P1, центр        | 0–13                     | 8,76                | Сильнощелочная      | 0,88            | Проблемный              |
| 4           | Хромовка, Ag, фон          | 0–13                     | 7,32                | Слабощелочная       | 0,96            | Близкий к загрязненному |
| 5           | Хромовка, P2, R1           | 0–16                     | 8,92                | Сильнощелочная      | 0,42            | Чистый                  |
| 6           | Хромовка, P1, Ап           | 22                       | 7,84                | Слабощелочная       | 0,71            | Чистый                  |
| 7           | Хромовка, P1, Ап           | 22                       | 7,99                | Слабощелочная       | 0,44            | Чистый                  |
| 8           | Хромовка, II, смытый       | 20–30                    | 8,33                | Щелочная            | 0,92            | Близкий к загрязненному |
| 9           | Хромовка, С, фон           | 30                       | 7,55                | Слабощелочная       | 0,70            | Чистый                  |
| 10          | Хромовка, АВ, P1, отвал    | 39                       | 7,40                | Слабощелочная       | 0,88            | Проблемный              |

Результаты оценки загрязнения городских земель на территориях и вблизи полигонов снежных отвалов г. Томска (см. табл. 10) методом определения ИЗП показывают, что в центре полигона снежного отвала, который характеризует большими значениями ИЗП на поверхности и вблизи нее (глубина отбора проб до 13 см), степень загрязненности почв наибольшая и может быть приравнена к «близкой к загрязненным»; на глубине более 20 см наблюдается меньшая загрязненность почвы, которую отнесем к «проблемным» или «чистым».

Пробы, отобранные со «смытого» участка, расположенного ниже по рельефу с основным стоком талых вод снежного отвала и характеризуемого высоким значением ИЗП, показывают распространение загрязнений на глубины до 90 см, подтверждая предварительный вывод о значимой роли миграции и аккумуляции веществ – загрязнителей в весенний период в низменных частях территорий полигонов и прилегающих ландшафтов. В результате негативное воздействие снежного отвала распространяется на значительные территории, захватывая как природные ландшафты, нередко с особо ценными землями, так и участки, используемые в хозяйственной деятельности человека: с жилыми домами, хозяйственными постройками, подсобными хозяйствами.

Данный вывод еще раз подчеркивает необходимость обустройства территорий снежных отвалов в соответствии с требованиями, направленными на снижение негативного воздействия снежных отвалов, особенно активно проявляющегося в период таяния снегов и требующего по меньшей мере организации контролируемого сброса загрязненных талых вод.

### *Заключение*

По результатам проведенного исследования сформулируем следующие основные выводы:

– широкий спектр задач по совершенствованию качества городской среды имеет сезонный характер, в том числе включает борьбу со снежными заносами в зимнее время, оперативную уборку снегов, особенно с транспортных коммуникаций, его утилизацию и минимизацию возможных последствий, прежде всего в весенний период, определяя особый уровень организации территорий;

– проблема организации территорий северных (снежных) городов, значительная часть которых расположена на территории России и подвержена мощному влиянию снежных зим с низкими температурами воздуха, включает решение ряда научно-технологических задач, в составе которых технологии утилизации снега на специально выбранных, как правило, в границах города, площадках – полигонах снежных отвалов; мониторинг таких полигонов в разные периоды года с целью оценки границ, объемов снежных масс и их геохимического состава, значительную часть которого представляют вещества-загрязнители, в том числе самых опасных классов; анализ результатов мониторинга с выбором программы минимизации негативного влияния указанных полигонов на городские ландшафты;

– представленные результаты исследования подтверждают актуальность и научную значимость темы и, по мнению авторов, создают научно-практическую основу успешного решения задачи определения содержания мониторинга и интерпретации его основных результатов в отношении полигонов снежных отвалов и оценки их влияния на состояние городских ландшафтов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баглаева Е. М., Сергеев А. П., Медведев А. Н. Пространственная структура техногенного загрязнения снегового покрова промышленного города и его окрестностей растворимыми и нерастворимыми формами металлов // *Геоэкология*. – 2012. – Т. 4. – С. 326–336.
2. В Самаре есть снежные вредители [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.priroda.samregion.ru/v\\_municipal/12.02.2014/8560/](http://www.priroda.samregion.ru/v_municipal/12.02.2014/8560/).
3. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 181 с.
4. Бояркина А. П., Будаева Л. И., Васильев Н. В. Атмосферные выбросы тяжелых металлов в снеговом покрове // *Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы*. – 1988. – Т. 4, № 1. – С. 58–61.
5. Экологический мониторинг: состояние окружающей среды Томской области в 2005 году / Гл. ред. А. М. Адам, редкол.: О. Г. Нехорошев, Д. В. Волостнов; Департамент природн. ресурсов и охраны окружающ. среды Администрации Том.обл., ОГУ «Облкомприрода» Администрации Том. обл. – Томск : Графика, 2006. – 148 с.
6. Богданов Н. А. Сравнение информативности интегральных показателей загрязнения почв тяжелыми металлами и другими микроэлементами // *Проблемы биогеохимии и геохимической экологии*. – 2012. – № 3 (20). – С. 126–131.
7. Борисюк Н. В. Утилизация снежной массы в городе (на примере Москвы) / Н. В. Борисюк // *Дорожная техника*. – М.: Славутич, 2004. – № 5. – С. 136–139.
8. Ольховатенко В. Е. Геоэкологические проблемы города Томска и разработка мероприятий по инженерной защите территории // *Обской вестник*. – 1999. – № 1/2. – С. 12–17.
9. Пасько О. А., Мочалова Т. Н. Временное и территориальное изменение токсичности почв полигона твердых бытовых отходов // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. – 2015. – № 7. – С. 72–76.
10. Сизов А. П. Мониторинг и охрана городских земель: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : МИИГАиК, 2009. – 264 с.
11. Мельников А. А. Проблемы охраны окружающей среды и стратегия ее сохранения: учеб. пособие. – М. : Акад.проект, Гаудеамус, 2009. – 720 с.
12. Утилизация снежной массы в городе (на примере Москвы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://library.stroit.ru/articles/sneg>.
13. Лобкина В. А., Генсиоровский Ю. В., Ухова Н. Н. Геоэкологические проблемы участков, занятых снежными полигонами в городах (на примере г. Южно-Сахалинск) // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. – 2016. – № 6. – С. 510–520.
14. Ушакова Н. С. Анализ и прогнозирование динамики изменения площадей снежных отвалов на территории г. Томска // *Мат. II Международной научно-практической конференции «Землеустроительные, кадастровые и геодезические работы. Современные проблемы и инновационные методы их решения»*. – М. : РУДН, 2015. – С. 126–129.
15. Корецкий В. Е. Зарубежный опыт зимнего содержания дорожных покрытий // *Чистый город*. – 2002. – № 4 (20). – С. 19–23.
16. Price W. I. J. How to use fences to prevent roads being blocked by snow // *Roads and Road Const. Constar.* – 1954. – No.0 32. – P. 7–10.

17. Лобкина В. А., Генсиоровский Ю. В. Проблемы размещения снежных полигонов на урбанизированных территориях (на примере г. Южно-Сахалинск) // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2012. – № 3. – С. 97–102.
18. Новосибирские активисты намерены биться за создание в городе специальных снегоотвалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://vashgorod.ru/novosibirsk/news/48216?not\\_defined\\_city](http://vashgorod.ru/novosibirsk/news/48216?not_defined_city).
19. Дерюшева Н. Л. Совершенствование технологии утилизации снежных масс с дорожных покрытий на стационарных снегоплавильных пунктах систем водоотведения // Дис. ... канд. техн. наук. – М. : НИ МГСУ, 2016. – 128 с.
20. Кескинов А. Л. Новые технологии утилизации московского снега // Проекты развития инфраструктуры города. Вып. 7. Технология развития городского водохозяйственного комплекса / под ред. Е. И. Пупырева, В. Е. Корецкого : Сборник научных трудов. – М. : Прима-пресс Экспо, 2007. – 226 с.
21. Волков С. Н. Землеустройство : учебник. – М. : ГУЗ, 2013. – 992 с.
22. Филимоненко Е. А. Эколого-геохимическая обстановка в районах расположения объектов теплоэнергетики по данным изучения нерастворимой и растворимой фаз снега (на примере Томской области) // Автореф. дис. ... канд. геогр.-минерал. наук. – Томск, 2015. – 21 с.
23. Дмитриев А. В., Дмитриев В. В. Корреляция динамики снеготаяния и содержания пылевых веществ в снегу вокруг г. Омска // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2008. – Т. 1, Вып. 5. – С. 84–91.
24. Экообзор состояния окружающей среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.green.tsu.ru/dep/quality%20of%20the%20environment/ecoobzor.xml> (дата обращения: 03.10.2015).

Получено 18.01.2019

© В. Б. Жарников, О. А. Пасько, Н. С. Ушакова, Е. С. Макарецова, 2019

## **ON THE CONTENT OF THE MONITORING OF SNOW DUMPS AND THEIR INFLUENCE OF THE LANDS OF NORTHERN CITIES (ON THE EXAMPLE OF TOMSK CITY)**

*Valeriy B. Zharnikov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Professor, Department of Cadastre and Territorial Planning, phone: (383)361-05-66, e-mail: [v.b.jarnikov@ssga.ru](mailto:v.b.jarnikov@ssga.ru)

*Ol'ga A. Pas'ko*

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia, D. Sc., Professor, Division for Geology, School of Earth Sciences & Engineering, phone: (3822)60-63-85, e-mail: [oap@tpu.ru](mailto:oap@tpu.ru)

*Natal'ya S. Ushakova*

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia, Ph. D. Student, Division for Geology, School of Earth Sciences & Engineering, phone: (3822)60-63-85, e-mail: [ushakova@green.tsu.ru](mailto:ushakova@green.tsu.ru)

*Elena S. Makarcova*

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia, Master Student, School of Earth Sciences & Engineering, phone: (3822)60-63-85, e-mail: [elena.makartsova.95@yandex.ru](mailto:elena.makartsova.95@yandex.ru)



Land degradation in northern cities due to long winters, mechanical snow removal and cyclical processes of freezing and thawing of soils and soils, the impact on them of different dynamics of hydrological processes with the participation of a huge number of chemicals, alien to the nature, including persistent organic pollutants, requires serious thought. There are scientific and practical tasks, methods and technologies that can prevent most of the negative processes, and reduce the impact of the remaining ones, ensuring the current level of human welfare of the environment, especially in large cities, on construction and industrial sites. This issue is an integral part of modern land management strategies to ensure their rational use and protection. The most important role is played by monitoring of lands, soil, water and atmosphere, which allows to study the state and dynamics of natural and anthropogenic processes, their relationship and on this basis to develop action programs appropriate for real situations, including land reclamation and land, polygons of snow dumps and landscapes adjacent to them. The article shows the problematic situation of snow control in the northern cities, the saturation of the snow masses with a multitude of pollutants dangerous for humans and nature, especially occurring in the territories of their seasonal disposal sites, is noted.

It is concluded that it is necessary to move from researching the problem to the practice of resolving it on the basis of monitoring, assessing the influence of snow masses, developing and implementing programs that rehabilitate urban landscapes. The presented results of full-scale studies, their analysis and interpretation allowed to form the scientific and methodological foundations of the corresponding task program.

**Key words:** monitoring, urban lands, landscape, condition assessment, process, snow disposal sites, pollution substances, hydrochemical composition, methodology, programme.

## REFERENCES

1. Baglaeva, E. M., Sergeev, A. P., & Medvedev, A. N. (2012). Spatial structure of technogenic pollution of snow cover by soluble and insoluble forms of metals in the industrial city and its neighbourhood. *Geoekologiya [Geocology]*, 4, 326–336 [in Russian].
2. There are snow pests in Samara (n. d.). Retrieved from [http://www.priroda.samregion.ru/v\\_municipal/12.02.2014/8560/](http://www.priroda.samregion.ru/v_municipal/12.02.2014/8560/) [in Russian].
3. Vasilenko, V. N., Nazarov, I. M., & Fridman, Sh. D. (1985). *Monitoring zagryazneniya snezhnogo pokrova [Snow Pollution Monitoring]*. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 181 p. [in Russian].
4. Boyarkina, A. P., Budaeva, L. I., & Vasil'ev, N. V. (1988). Atmospheric emissions of heavy metals in snow cover. *Tyazhelye metally v okruzhayushchej srede i ohrana prirody [Heavy Metals in the Environment and Environmental Protection]*, 4(1), 58–61 [in Russian].
5. Adam, A. M. (Ed.). (2006). *Ehkologicheskij monitoring: sostoyanie okruzhayushchej sredy Tomskoj oblasti v 2005 godu [Environmental monitoring: the state of the environment of the Tomsk region in 2005]*. Tomsk: Grafika Publ., 148 p. [in Russian].
6. Bogdanov, N. A. (2012). Comparison of the informativity of the integral indicators of soil pollution with heavy metals and other trace elements. *Problemy biogeohimii i geohimicheskoy ehkologii [Problems of Biogeochemistry and Geochemical Ecology]*, 3(20), 126–131 [in Russian].
7. Borisyuk, N. V. (2004). Utilization of snow mass in the city (on the example of Moscow). *Dorozhnaya tekhnika [Road Equipment]*, 5, 136–139 [in Russian].
8. Ol'hovatenko, V. E. (1999). Geocological problems of the city of Tomsk and the development of measures for the engineering protection of the territory. *Obskoy vestnik [Obskoy Vestnik]*, 1/2, 12–17 [in Russian].
9. Pas'ko, O. A., & Mochalova, T. N. (2015). Temporal and territorial changes in soil toxicity of solid consumer waste landfills. *Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel' [Land Management, Cadastre and Land Monitoring]*, 7, 72–76 [in Russian].

10. Sizov, A. P. (2009). *Monitoring i ohrana gorodskih zemel' [Monitoring i ohrana gorodskih zemel']* (2nd ed.). Moscow: MIIGAiK Publ., 264 p. [in Russian].
11. Mel'nikov, A. A. (2009). *Problemy ohrany okruzhayushchej sredy i strategiya ee sohraneniya [Problems of environmental protection and its conservation strategy]*. Moscow: Akademicheskij Proekt, Gaudeamus Publ., 720 p. [in Russian].
12. Utilization of snow mass in the city (on the example of Moscow) (n. d.). Retrieved from <http://library.stroit.ru/articles/sneg> [in Russian].
13. Lobkina, V. A., Gensiorovskii, Yu. V., & Ukhova, N. N. (2016). Geocological problems of snow-disposal areas in cities (by the example of Yuzhno-Sakhalinsk). *Geoehkologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya [Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology]*, 6, 510–520 [in Russian].
14. Ushakova, N. S. (2015). Analiz i prognozirovanie dinamiki izmeneniya ploshchadej snezhnyh otvalov na territorii g. Tomska. In *Sbornik materialov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Zemleustroitel'nye, kadaastrovye i geodezicheskie raboty. Sovremennye problemy i innovacionnye metody ih resheniya [Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: Land Management, Cadastral and Geodetic Works. Modern Problems and Innovative Solutions]* (pp. 126–129). Moscow: RUDN Publ. [in Russian].
15. Koreckij, V. E. (2002). Foreign experience of winter maintenance of pavements. *CHistyj gorod [Clean City]*, 4(20), 19–23 [in Russian].
16. Price, W. I. J. (1954). How to use fences to prevent roads being blocked by snow. *Roads and Road Constar*, 032, 7–10.
17. Lobkina, V. A., & Gensiorovsky, Yu. V. (2012). Problems of placing snow polygons on urbanized territory (Yuzhno-Sakhalinsk). *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk [Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences]*, 3, 97–102 [in Russian].
18. Novosibirsk activists are going to fight for the creation of special snow dumps in the city. (n. d.). Retrieved from [http://vashgorod.ru/novosibirsk/news/48216?not\\_defined\\_city](http://vashgorod.ru/novosibirsk/news/48216?not_defined_city) [in Russian].
19. Deryusheva, N. L. (2016). Improvement of the technology of utilization of snow masses from pavements at stationary snow-melting points of drainage systems. *Candidate's thesis*. Moscow: NI MGSU Publ., 128 p. [in Russian].
20. Keskinov, A. L. (2007). New technologies for the disposal of Moscow snow. In *Sbornik nauchnyh trudov: Proekty razvitiya infrastruktury goroda: Vyp. 7. Tekhnologiya razvitiya gorodskogo vodohozyajstvennogo kompleksa [Proceedings of Projects for the Development of the Infrastructure of the City: Issue 7. Technology of Development of Urban Water Complex]* (226 p.). E. I. Pupyrev, & V. E. Koreckij (Eds.). Moscow: Prima-press Ehkspo [in Russian].
21. Volkov, S. N. (2013). *Zemleustrojstvo [Land Management]*. Moscow: GUZ Publ., 992 p. [in Russian].
22. Filimonenko, E. A. (2015). Ecological and geochemical situation in the areas of thermal power plants according to the study of insoluble and soluble snow phases (using the example of Tomsk Region). *Extended abstract of candidate's thesis*. Tomsk, 21 p. [in Russian].
23. Dmitriev, A. V., & Dmitriev, V. V. (2008). Correlation of snow melting dynamics and dust content in snow around the city of Omsk. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space]*, 1(5), 84–91 [in Russian].
24. Ecological survey of the environment. Retrieved from <http://www.green.tsu.ru/dep/quality%20of%20the%20environment/ecoobzor.xml> (accessed October 03, 2015).

Received 18.01.2019

© V. B. Zharnikov, O. A. Pas'ko, N. S. Ushakova, E. S. Makarcova, 2019