

Применение спутниковых методов исследований для оценки состояния территорий снежных отвалов

О.А. Пасько, О.С. Токарева, Н.С. Ушакова, Е.С. Макарцова, Е.А. Гапонов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Томск, 634050, Россия

E-mail: oap@tpu.ru, ostokareva@gmail.com

Вопросы размещения и эксплуатации снежных отвалов актуальны для всех регионов России с продолжительным залеганием снега. В работе изложены результаты дистанционного мониторинга и наземного обследования территорий четырех снежных отвалов г. Томска. Определено ранее неизвестное время начала их эксплуатации. Установлено, что они расположены с нарушением вида разрешенного использования территории, утвержденного документацией по градостроительному зонированию г. Томска. Приведены результаты оценки динамики площадей снежных отвалов, и показано, что площадь деградации почвенно-растительного покрова на территориях снежных отвалов, находящихся в эксплуатации, увеличивается в среднем на 18 % в год. На основе данных теплового канала камеры TIRS спутника Landsat-8 построены температурные профили территорий снежных отвалов и фоновых участков и проанализированы процессы прогревания почвы. Выявлено, что центральные участки территорий снежных отвалов находятся в переохлажденном состоянии до конца мая и переувлажненном – до третьей декады июня. Эти негативные факторы вызывают задержку развития растительности. С конца мая происходит ускорение прогревания почвы. Установлено, что средняя скорость прогревания почвы на территориях снежных отвалов в 2,1 раза выше, чем на фоновых участках за счет загрязнения поллютантами, содержащимися в снегу. Миграция опасных загрязнителей (тяжелые металлы, нефтепродукты) в почву и подземные воды представляет высокую экологическую опасность и требует принятия грамотных и своевременных управленческих решений.

Ключевые слова: снежный отвал, дистанционное зондирование, снег, почва, температурный профиль, загрязнение

Одобрена к печати: 07.07.2016

DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-20-28

Введение

Проблема снежных отвалов актуальна для большей части регионов России, особенно для Западной Сибири, где продолжительность залегания снега составляет около полугода (Григорьев, 2003). В частности, на территории г. Томска максимум осадков в виде снега выпадает с декабря по март, высота снежного покрова достигает 125 см (<http://www.pogodaiklimat.ru/climate/29430.htm>). Снег с дорог и улиц города вывозят и складировать на площадках, отведенных под снежные отвалы. Известно, что снег в течение зимы аккумулирует и накапливает поллютанты, что приводит к росту их содержания на 2–3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе (Дмитриев А.В., Дмитриев В.В., 2008). Во время таяния снега поллютанты поступают в почвы, поверхностные и, возможно, подземные воды и создают экологическую угрозу растениям, животным и здоровью населения (Pasko, Mochalova, 2014; Пасько, Мочалова, 2015). Отсутствие сведений о границах, площадях снежных отвалов и времени начала их эксплуатации у администраций г. Томска и Томской области препятствует определению их возраста, оценке уровня накопления поллютантов, принятию грамотных управленческих решений и планированию объема необходимых работ для обеспечения экологической безопасности.

Традиционные полевые обследования, как правило, трудоемки, имеют высокую стоимость, сезонные и временные ограничения и не позволяют получать необходимые сведения о состоянии земельного участка до момента обследования. Решить проблему

позволяет применение данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса, которые все шире используются в исследованиях различных направлений (Горный, 2004), в частности, для определения границ и площадей земельных участков, температуры поверхности, степени развития деградации (Feng et al., 2016; Altunina et al., 2011), экологических рисков (Гурулев, Крылов, 2004). Известно, что применение космических методов зондирования Земли позволяет дистанционно оценивать загрязнение снежного покрова вокруг промышленных предприятий (Василевич и др., 2015), в том числе, пространственную структуру по растворимым и нерастворимым формам металлов (Баглаева и др., 2012), что является актуальным для индикации степени загрязнения снега и почвы на территориях снежных отвалов. В доступной нам литературе сведения об исследованиях, проводимых на территориях снежных отвалов, отсутствуют.

Целью работы является анализ результатов мониторинга территорий снежных отвалов с использованием данных ДЗЗ и наземных обследований.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны территории четырех снежных отвалов, функционирующих в г. Томске по адресам: Московский тракт, 121 (условно: СО1), ул. Мостовая, 40а (СО2), п. Хромовка, 35/2 (СО3), пересечение улиц Ивановского и Высоцкого (СО4) и фоновых участков, расположенных вблизи каждого снежного отвала.

Для построения границ земельных участков, используемых для складирования снега, и оценки изменения их площадей, с момента образования по текущий год, использовали космические снимки высокого пространственного разрешения территории г. Томска, полученные с картографического сервиса GoogleEarth, в период с 2006 г. по 2015 г. Территориальные зоны, на которых расположены снежные отвалы, проанализированы на предмет соответствия разрешенному виду использования на основе данных градостроительного зонирования (Градостроительное зонирование, http://www.zemvopros.ru/page_4603.htm) и карты из Градостроительного атласа г. Томска (<http://map.admin.tomsk.ru>). Построение карт и пространственный анализ данных выполнены средствами геоинформационных систем MapInfo v8.5 и QGIS.

Для оценки изменения температуры поверхности на территориях снежных отвалов и фоновых участков использованы данные теплового канала камеры TIRS, установленной на спутнике Landsat-8, полученные в среднем диапазоне электромагнитного спектра с длинами волн 10,3–11,3 мкм. Данные первого уровня обработки L1 поставляются в виде изображений в калиброванных цифровых значениях (DN) с радиометрическим разрешением 16 бит и должны быть переведены в значения в градусах по Цельсию. С этой целью для каждого снимка вначале была рассчитана интенсивность спектральной радиации, приходящей на датчик, по формуле:

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{cal} + A_L, \quad (1)$$

где L_λ – интенсивность спектральной радиации ($\text{Watts}/(\text{m}^2 \times \text{sr} \times \mu\text{m})$), M_L – коэффициент RADIANCE_MULT_BAND_10 из файла метаданных снимка, A_L – дополнительный коэффициент RADIANCE_ADD_BAND_10 из файла метаданных снимка, Q_{cal} – значения пикселя снимка в DN (Landsat 8..., 2015).

Затем полученные данные были конвертированы в значения температуры в градусах Цельсия по формуле:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_\lambda + 1}\right)} - 273,15,$$

где T – температура в градусах Цельсия, L_λ – интенсивность спектральной радиации, рассчитанная по формуле (1), $K1$ – константа K1_CONSTANT_BAND_10 из файла метаданных снимка; $K2$ – константа K2_CONSTANT_BAND_10 из файла метаданных снимка (Landsat 8..., 2015).

Расчеты и построение температурных профилей проводились с использованием программного обеспечения ERDAS Imagine 9.2. Температурные профили построены в направлении с севера на юг с выступом около 10 м за границы территории каждого снежного отвала и соответствующего ему фонового участка. Профили построены по снимкам с датами съемки 07.05.2014, 15.06.2014 и 24.06.2014.

Содержание загрязняющих веществ в снегу и почве на территории снежного отвала, расположенного по адресу: поселок Хромовка, 35/2, определяли в Испытательной лаборатории центра областного комитета по охране окружающей среды и природопользованию по аккредитованным методикам (Область аккредитации..., 2014). Фоном служил участок вне зоны действия источника загрязнения, имеющий однотипный растительно-почвенный покров. В снегу и почве измеряли концентрацию цинка, меди, кадмия, свинца, никеля, хрома, железа, сульфат-иона, хлорид-иона, нефтепродуктов, а также взвешенных веществ. Полученные результаты были сопоставлены с предельно-допустимыми концентрациями (Обобщённые перечни..., 1990).

Результаты исследования

Сопоставление координат снежных отвалов, установленных по космическим снимкам, с картой Градостроительного атласа г. Томска (<http://map.admin.tomsk.ru>), позволило выявить, что снежный отвал СО1 находится в двух территориальных зонах – общественно-деловой зоне (подзона делового, общественного и коммерческого назначения) и в рекреационной зоне (подзона городских парков, скверов, садов, бульваров). Снежные отвалы СО2 и СО4 расположены в производственно-деловой зоне (подзона обслуживания объектов, необходимых для осуществления производственной и предпринимательской деятельности), а СО3 – в рекреационной зоне (подзона городских парков, скверов, садов, бульваров). На территории указанных зон не допус-

кается строительство и расширение действующих промышленных, коммунальных и складских объектов, за исключением непосредственно связанных с эксплуатацией объектов оздоровительного и рекреационного назначения, делового, общественного и коммерческого (Градостроительное зонирование, http://www.zemvopros.ru/page_4603.htm). Следовательно, имеется нарушение разрешенного вида использования данных земельных участков, что делает оценку длительности и уровня негативного воздействия снежных отвалов на окружающую среду еще более актуальной.

Анализ космических снимков за период 10 лет позволил точно установить, что началом эксплуатации территории снежного отвала СО1 является 2013 г.; СО2 – 2007 г.; СО3 – 2010 г.; СО4 – 2006 г. По имеющимся снимкам были построены границы земельных участков СО3 и СО4 за каждый год эксплуатации в виде тематического слоя цифровой карты и определены их площади с момента образования по 2015 г. На *рис. 1* в качестве иллюстрации приведены изображения территорий снежных отвалов СО3 и СО4 на космических снимках в год образования и в 2015 г., а также их границы, построенные по данным снимкам.

Как видно из *рис. 1*, территории снежных отвалов достаточно точно дешифрируются на снимках высокого пространственного разрешения по деградации растительного покрова, особенно в весенне-осенний период. При этом точность построения границ контура является достаточно высокой и лежит в пределах пространственного разрешения используемого снимка.

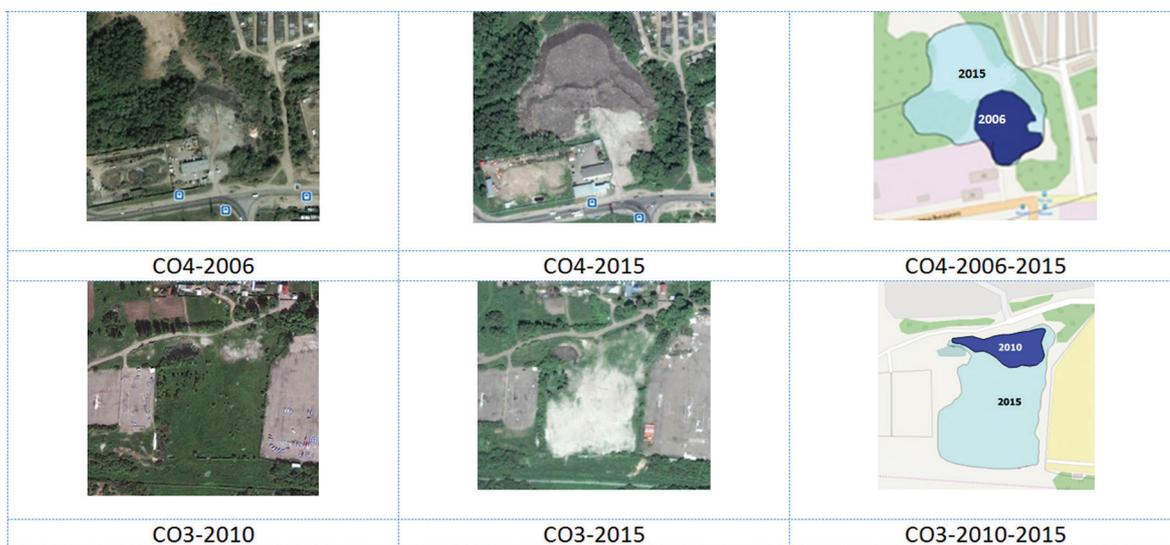


Рис. 1. Космические снимки и схема изменения площадей территорий снежных отвалов по годам. Обозначения: СО4 – пересечение улиц Ивановского и Высоцкого; СО3 – п. Хромовка 35/2

Анализ динамики изменения площадей территорий снежных отвалов выявил тенденцию к увеличению площади. Максимальный прирост отмечен для территории снежного отвала СО3 (+87% к исходной площади). Средняя динамика роста площади территорий снежных отвалов в г. Томске за 10-летний период составляет 18%, прогнозируемая на ближайшие 5 лет – 17% (Pasko et al., 2016).

Выше было указано, что на территориях снежных отвалов происходит деградация растительного покрова, который не успевает восстановиться в течение вегетационного периода. В качестве наиболее вероятных причин были высказаны: а) аномально низкие температуры почвы в начале вегетационного периода; б) переувлажнение (заболачивание) почвы ввиду длительного таяния снега; в) загрязнение почвы поллютантами, аккумулированными в снеге (выхлопные газы, антиобледенители и т.д.); г) чрезмерное уплотнение почвы автомобилями–самосвалами и бульдозерами, обеспечивающими выгрузку и выравнивание снега на снежном отвале.

Для анализа хода температур почвы были построены температурные профили для территорий снежных отвалов СО3, СО4 и соответствующих им фоновых участков, выбранных поблизости. Как видно из *рис. 2*, характер и динамика изменения температурных профилей территорий снежных отвалов и фона существенно различались. Для температурных профилей территорий снежных отвалов был свойствен экстремум, отсутствовавший в контроле. Разность между максимальными и минимальными значениями температур вдоль профиля в пределах территории снежного отвала СО4 составляла в среднем 2,5°C, в контроле – 0,9°C. Центральная область территории снежного отвала СО3 оставалась переохлажденной в первой декаде мая (примерно на 3,5°C), затем происходило ее прогревание, и в конце июня температура превышала контроль более чем на 3°C. По расчетным данным 31 мая произошло выравнивание средней температуры территории снежного отвала и фонового участка. Средняя скорость прогревания почвы за указанный период составляла в контроле 0,117°C/день, на территории СО4 – 0,257°C/день, СО3 – 0,232°C/день, т.е. различалась в 2,1 раза.

Известно, что ускорение процессов снеготаяния коррелирует с содержанием пылевых примесей в снегу (коэффициент корреляции составляет 0,97 (Василевич и др., 2015), а сход снежного покрова в зонах повышенного загрязнения происходит на 3–10 дней раньше, чем на чистых участках (Григорьев, 2003). Таким образом, полученные результаты косвенно свидетельствовали о возможном загрязнении снега поллютантами. В дальнейшем это было подтверждено данными химического анализа проб снега и почв с территорий снежных отвалов. Снег со снежного отвала СО3 содержал 1664 мг/кг взвешенных веществ, со снежного отвала СО4 – 1991 мг/кг, что и обусловило более интенсивное снеготаяние. Отмечена высокая корреляция между содержанием загрязнений в снегу и почве на территориях четырех снежных отвалов ($K = +0,974$), вызванная миграцией поллютантов.

Замедление роста и развития растений на территориях снежных отвалов, отчетливо наблюдаемое по космическим снимкам, обусловлено низкими температурами и переувлажнением почвы на ранних стадиях вегетации. В дальнейшем планируется изучить состояние почвенно-растительного покрова на этих территориях (вегетационные индексы, морфологический и механический состав почвы, видовой и количественный состав растений и степень их развития в конце вегетационного периода).

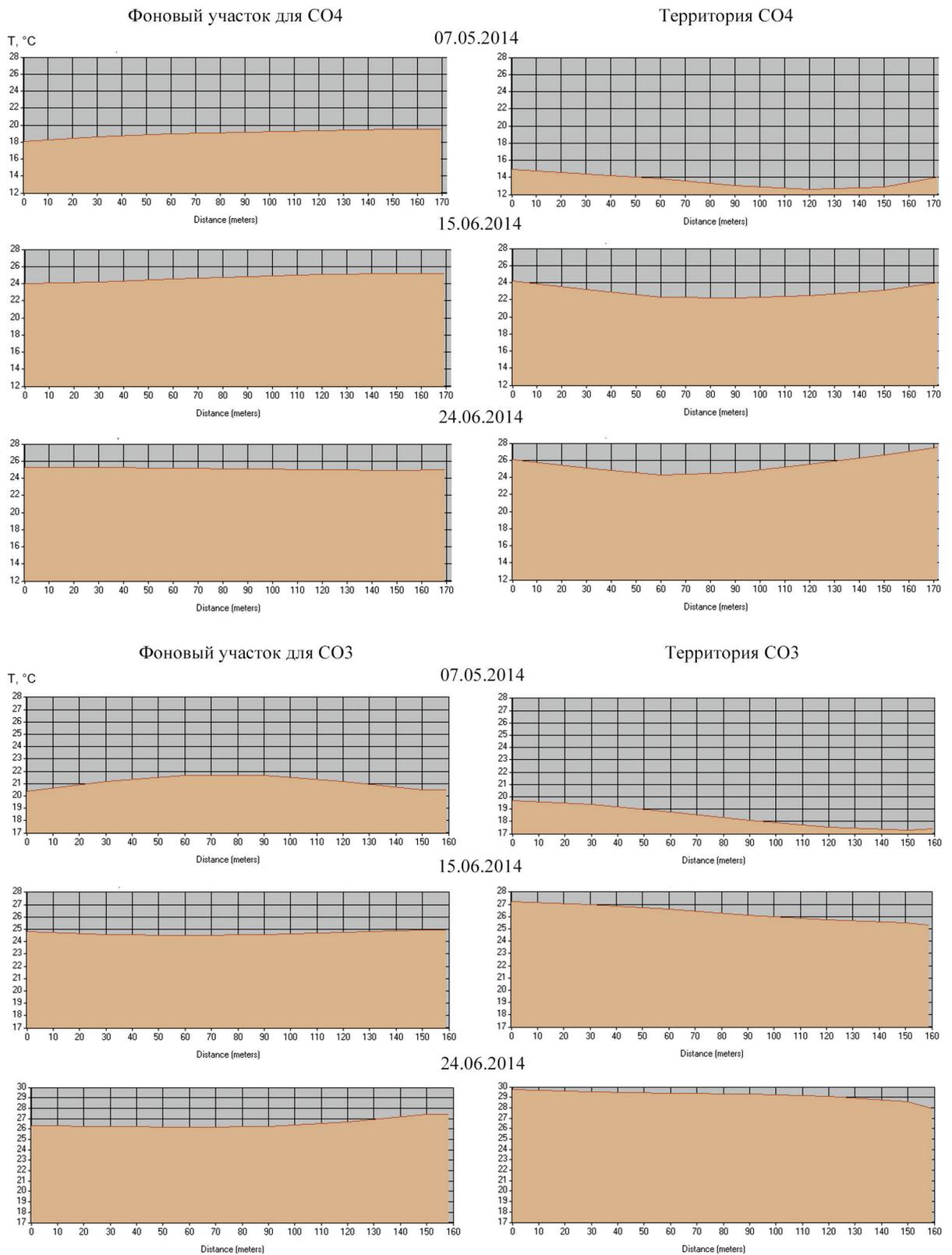


Рис. 2. Температурные профили фоновых участков и территорий снежных отвалов в мае-июне 2014 г.
 Обозначения: CO4 – пересечение улиц Ивановского и Высоцкого; CO3 – п. Хромовка 35/2

Заключение

Таким образом, использование данных ДЗЗ в сочетании с наземными обследованиями позволило получить уникальную и актуальную информацию о снежных отвалах в г. Томске:

- установлено нахождение отвалов вне зон разрешенного вида использования земель;
- выявлено время образования исследуемых снежных отвалов;
- проанализированы тенденции изменения площадных параметров территорий снежных отвалов и дан прогноз изменения площадей на ближайшие годы;
- выявлен аномальный температурный режим на территориях снежных отвалов и ускорение хода снеготаяния, вызываемые, в частности, высоким содержанием поллютантов в снегу и почве.

Результаты, полученные в ходе работы, могут служить исходным материалом для совершенствования управлением территориями снежных отвалов и быть применяться в мониторинговой работе природоохранной службы для усиления экологической безопасности территории.

Литература

1. *Баглаева Е.М., Сергеев А.П., Медведев А.И.* Пространственная структура техногенного загрязнения снегового покрова промышленного города и его окрестностей растворимыми и нерастворимыми формами металлов // *Геоэкология*. 2012. № 4. С. 326–335.
2. *Василевич М.И., Щанов В.М., Василевич Р.С.* Применение спутниковых методов исследований при оценке загрязнения снежного покрова вокруг промышленных предприятий в тундровой зоне // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2015. Т. 12. № 2. С. 50–60.
3. *Горный В.И.* Космические измерительные методы инфракрасного теплового диапазона при мониторинге потенциально опасных явлений и объектов // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2004. Т. 2. № 1. С. 10–16.
4. *Григорьев А.И.* Индикация состояния окружающей среды. Омск: ОмИПП, 2003. 128 с.
5. *Гурулев А.А., Крылов С.Д.* Использование радиотеплового излучения для контроля загрязнения дельты реки Селенги // *География и природные ресурсы*. 2004. № 1. С. 72–75.
6. *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.
7. Область аккредитации отдела «Томская специализированная инспекция государственного экологического контроля и анализа «ОГБУ Облкомприрода». 2014. 57 с. URL: http://www.green.tsu.ru/upload/File/2015/oblast_akkkreditacii_2014.pdf.
8. Обобщённые перечни предельно-допустимых концентраций вредных веществ в почве. Приложение 1 и приложение 2 к письму ЦСИ Госкомприроды РСФСР от 18.12.90 № ЦС-299/15-73. М.: ЦСИ Госкомнедра, 1990. 8 с.
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. *Altunina L.K., Svarovskaya L.I., Polishchuk Y.M., Tokareva O.S.* Remediation of the damaged environment of oil-producing areas // *Petroleum Chemistry*. 2011. Vol. 51. No. 5. P. 381–385.
11. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, LSDS-1574, version 1.0. Sioux Falls, USA: USGS EROS, 2015. 98 p. (<https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>).
12. *Feng L., Han X., Hu Ch., Chen X.* Four decades of wetland changes of the largest freshwater lake in China: Possible linkage to the Three Gorges Dam? // *Remote Sensing of Environment*. 2016. Vol. 176. P. 43–48.
13. *Melnikov S., Carrol J., Goshkov A., Vlasov S., Dahle S.* Snow and ice concentrations of selected persistent pollutants in the Ob–Yenisey River watershed // *The Science of the Total Environment*. 2003. V. 306. P. 27–37.
14. *Pasko O., Makartsova E., Ushakova N., Tokareva O., Mochalov M.* The possibility of distance methods application for snow dump sites monitoring // *MATEC Web of Conferences*. 2016. Vol. 48. 05002. URL: http://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2016/11/mateconf_tomsk2016_05002/mateconf_tomsk2016_05002.html (Дата обращения 10.04.2016).
15. *Pasko O.A., Mochalova T.N.* Toxicity assessment of contaminated soils of solid domestic waste landfill // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2014. Vol. 21. 012044. URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/21/1/012044> (Дата обращения 10.04.2016).

The application of satellite methods for monitoring snow dump sites

O.A. Pasko, O.S. Tokareva, N.S. Ushakova, E.S. Makartsova, E.A. Gaponov

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk 634050, Russia

E-mail: oap@tpu.ru, ostokareva@gmail.com

The issues of allocation and operation of snow dumps are topical for all Russian regions with a long-lying snow. This paper presents the results of remote sensing and on-site research of four snow dump sites in Tomsk. Earlier unknown time of their operation start was identified. It was revealed that they are allocated in violation of the permitted type of the territory use approved by Tomsk urban zones documentation. Evaluation results of dynamics of snow dumps' areas were presented, and it was shown that the area of degradation of soil and vegetation on the operated snow dump sites increases in average by 18 % per year. On the base of data from the thermal channel of the satellite Landsat-8 TIRS camera the temperature profiles of snow dump sites and background areas were made and the processes of soil warming were analyzed. It was discovered that the central areas of snow dump sites are overcooled till the end of May and over-wetted – till the third decade of June. These negative factors cause retardation of vegetation development. From the end of May, the acceleration of the soil warming begins. It was revealed that the speed of soil warming on the snow dump sites is 2,1 times higher than on the background areas at the expense of pollutants contained in the snow. Migration of dangerous pollutants (heavy metals, oil products) to the soil and underground water is very dangerous for the environment and requires correct and timely management decisions.

Keywords: snow dump site, remote sensing, snow, soil, temperature profile, pollution

Accepted: 07.07.2016

DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-20-28

References

1. Baglaeva E.M., Sergeev A.P., Medvedev A.I. Prostranstvennaya struktura tekhnogenogo zagryazneniya snegovogo pokrova promyshlennogo goroda i egookrestnostei rastvorimymi i nerastvorimymi formami metallov (Spatial structure of technogenic pollution of snow cover of the industrial city and suburbs by dissoluble and non-dissoluble forms of metals), *Geoekologiya*, 2012, No. 4, pp. 326–335.
2. Vasilevich M.I., Shchanov V.M., Vasilevich R.S. Primenenie sputnikovykh metodov issledovaniy pri otsenke zagryazneniya snezhnogo pokrova vokrug promyshlennykh predpriyatii v tundrovoi zone (Application of satellite methods in research of snow cover pollution around of industrial enterprises in the tundra zone), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 2, pp. 50–60.
3. Gornyi V.I. Kosmicheskie izmeritel'nye metody infrakrasnogo teplovogo diapazona pri monitoringe potentsial'no opasnykh yavlenii i ob"ektov (Satellite measuring methods of infra-red heating range in monitoring of potentially dangerous phenomena and objects), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, Vol. 2, No. 1, pp. 10–16.
4. Grigor'ev A.I. *Indikatsiya sostoyaniya okruzhayushchei sredy* (Indication of environmental condition), Omsk: OmlPP, 2003, 128 p.
5. Gurulev A.A., Krylov S.D. Ispol'zovanie radioteplovogo izlucheniya dlya kontrolya zagryazneniya del'ty reki Selenga (Using of radio heat radiation for control of Delta of the Selenga river pollution), *Geografiya i prirodnye resursy*, 2004, No. 1, pp. 72–75.
6. Dmitriev A.V., Dmitriev V.V. Korrelyatsiya dinamiki snegotayaniya i sodержaniya pylevykh veshchestv v snegu vokrug g. Omska (Correlation of the snow melting dynamics and dust concentration in the snow around the Omsk city), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Vol. 1, No. 5, pp. 84–91.
7. Oblast' akkreditatsii otдела "Tomskaya spetsializirovannaya inspektsiya gosudarstvennogo ekologicheskogo kontrolya i analiza "OGBU Oblkompriroda" (Area of division accreditation "Tomsk specialized inspection of State environmental control and analysis of the "OGBU Oblkompriroda"), 2014, 57 p., http://www.green.tsu.ru/upload/File/2015/oblast_akkreditatsii_2014.pdf.
8. Obobshchennyye perechni predel'no-dopustimyykh kontsentratsii vrednykh veshchestv v pochve. Prilozhenie 1 i prilozhenie 2 k pis'mu TsSI Goskomprirody RSFSR ot 18.12.90 № TsS-299/15-73 (The general lists of permitted concentrations of dangerous substances in the soil. Appendix 1 and appendix 2 to the letter of CSI Goskomproroda RSFSR from 18.12.90 No. CS-299/15-73), Moscow: TsSI Goskomnedra, 1990, 8 p.
9. Pasko O.A., Mochalova T.N. Vremennoe i territorial'noe izmenenie toksichnosti pochv poligona tverdykh bytovykh otkhodov (Timing and territory change of the soil stoxicity of the municipal solid wastes site), *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'*, 2015, No. 7, pp. 72–76.
10. Altunina L.K., Svarovskaya L.I., Polishchuk Y.M., Tokareva O.S. Remediation of the damaged environment of oil-producing areas, *Petroleum Chemistry*, 2011, Vol. 51, No. 5, pp. 381–385.
11. <https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>.
12. Feng L., Han X., Hu Ch., Chen X. Four decades of wetland changes of the largest freshwater lake in China: Possible linkage to the Three Gorges Dam? *Remote Sensing of Environment*, 2016, Vol. 176, pp. 43–48.
13. Melnikov S., Carrol J., Goshkov A., Vlasov S., Dahle S. Snow and ice concentrations of selected persistent pollutants in the Ob-Yenisey River watershed, *The Science of the Total Environment*, 2003, Vol. 306, pp. 27–37.

14. Pasko O., Makartsova E., Ushakova N., Tokareva O., Mochalov M. The possibility of distance methods application for snow dump sites monitoring, *MATEC Web of Conferences*, 2016, Vol. 48, 05002. URL: http://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2016/11/mateconf_tomsk2016_05002/mateconf_tomsk2016_05002.html (April 10, 2016).
15. Pasko O.A., Mochalova T.N. Toxicity assessment of contaminated soils of solid domestic waste landfill, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2014, Vol. 21, 012044. URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/21/1/012044> (April 10, 2016).