

## УТИЛИЗАЦИЯ И ЗАХОРОНЕНИЕ ОТХОДОВ

УДК 504.054,54.061

### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УЧАСТКОВ, ЗАНЯТЫХ СНЕЖНЫМИ ПОЛИГОНАМИ В ГОРОДАХ (НА ПРИМЕРЕ г. ЮЖНО-САХАЛИНСК)

© 2016 г. В. А. Лобкина\*, Ю. В. Генсировский\*, Н. Н. Ухова\*\*

\*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Сахалинский филиал,  
ул. Горького, 25, г. Южно-Сахалинск, 693023 Россия. E-mail: valentina-lobkina@rambler.ru

\*\*Институт земной коры СО РАН, ул. Лермонтова, 128, г. Иркутск, 664033 Россия.  
E-mail: nat\_ukhova@crust.irk.ru

Поступила в редакцию 24.02.2016 г.

Рассматривается проблема складирования больших объемов снежных масс, ежегодно вывозимых с территории г. Южно-Сахалинска, при расчистке после снегопадов. Наблюдения проводились в 2010–2015 гг. В результате систематического удаления снега с улиц города и его складирования на полигонах сформировались антропогенные снежники, нехарактерные для южного Сахалина. По результатам проведенных измерений максимальный объем снега, собранного на полигонах за зимний сезон, составлял более 1.5 млн м<sup>3</sup>.

Представлены данные о количестве снега, вывозимого на полигоны, его химический состав и физико-химические характеристики почв поверхности полигона, приводятся химические показатели талой воды, собранной с тела полигона в период снеготаяния.

Проведен анализ геоэкологических проблем в местах размещения снежных полигонов, по результатам которого выявлено увеличение концентрации загрязняющих веществ в воде и почве. Показано, что обустройство снежных полигонов на необорудованных площадках в городской черте увеличивает риски развития опасных экзогенных геологических процессов. В частности, может привести к подтоплению городской территории и объектов инфраструктуры.

**Ключевые слова:** антропогенные снежники, геоэкология, загрязнение снега, полигон, Южно-Сахалинск.

#### ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно на большей площади России формируется устойчивый снежный покров. Накопление снега на урбанизированных территориях порождает проблему их расчистки и складирования больших объемов снежных масс. Данная проблема актуальна и для о. Сахалин.

Например, в г. Корсаков (юг о. Сахалин) и ближайших к нему поселках при ликвидации последствий двух глубоких циклонов, прошедших в регионе 17–18 декабря 2014 г. и 7–8 января 2015 г., на снежный полигон было вывезено около 111.6 тыс. м<sup>3</sup> снега, собранного с территорий муниципальных объектов, мест общественного пользования и транспортных магистралей. Объем снега, вывезенного с территории города за эти два явления, был в 2 раза больше, чем за весь зимний сезон 2013–2014 гг. За время прохождения

тех же циклонов на улицы г. Холмск (западное побережье южного Сахалина) выпало 220 тыс. м<sup>3</sup> снега; за неделю устранения последствий снегопадов на снежный полигон было вывезено около 46 тыс. м<sup>3</sup>.

В г. Южно-Сахалинск (областной центр), площадь которого, за исключением пригородов, составляет 182.2 км<sup>2</sup>, проблема с вывозом снега особенно злободневна. Средняя продолжительность устойчивого залегания снежного покрова в городе составляет 150 сут (максимальная до 180 сут), ежегодное среднее количество выпадающих твердых осадков по данным гидрометеорологической станции (ГМС) Южно-Сахалинск составляет 263 мм (максимальное 513 мм, отмеченное в 1970 г.) [2, 6, 7]. В среднем за зиму с территории городской застройки Южно-Сахалинска на полигоны свозится более 1 000 тыс. м<sup>3</sup> снега.



Рис. 1. Схема расположения снежных полигонов в г. Южно-Сахалинск.

Цель исследования – оценка экологических и инженерно-геологических последствий, возникающих в местах складирования снега, вывозимого с территории городской застройки (на примере г. Южно-Сахалинск).

Снег, собираемый с территории городской застройки, сильно загрязнен, и по совокупности содержащихся в нем элементов он резко отличается от того, который формируется за ее пределами. При расчистке улиц в снег попадают бытовой мусор, тротуарная плитка, песок и т.д., в связи с чем обращаться с этой снежной массой необходимо как с коммунальными отходами. Однако в ГОСТ 25-916-83 «Ресурсы материалы вторичные» и Федеральном классификационном каталоге отходов (№ 786 от 02.12.2002 г.) снег отсутствует. В каталоге отходов присутствует категория смет

с городских улиц, но в нее входит только твердый сухой смет пыли, песка, листьев и т.д., смет снежной массы и методика обращения с ним при обустройстве снежных полигонов в каталоге отсутствуют.

В связи с этим выбор места для размещения полигонов и их оборудование – сложные задачи, не регламентируемые существующими законодательными нормами.

#### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Начиная с зимнего сезона 2004–2005 гг. авторы проводят работы по учету объемов снега, выпадающего на территорию г. Южно-Сахалинск, и обследованию мест складирования вывозимых снежных масс [3, 15].

Таблица 1. Параметры снежных полигонов

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	1176	900	700	3.5	14.7
2013–2014	420	1240	800	700	3.5	15.5
2014–2015	315	1085	–	–	3.5	15.5

Примечание. – Нет данных.

Для проведения расчета точного количества снега, отлагаемого на улицах города после снегопадов с зимнего сезона 2010–2011 гг., было заложено 6 контрольных площадок в характерных участках городской застройки. На площадках проводились снегомерные работы, включавшие в себя определение толщины и плотности снега. Эти данные использовались для определения количества выпавших осадков в конкретном районе города. Результат сравнивался с данными ГМС Южно-Сахалинск и данными, полученными в результате проводившихся на стационарном пункте наблюдения снегомерных работ.

Расчеты объема снега на четырех основных улицах города (ул. Пуркаева, пр. Победы, ул. Ленина, ул. Железнодорожная, площадь которых с учетом проезжей части, тротуаров, моющейся полосы и остановок составляет 401 тыс. м<sup>2</sup>) показывают, что за снегопад 04.04.2012 г. было отложено 251 тыс. м<sup>3</sup> снега при его средней плотности во время снегопада 80 кг/м<sup>3</sup>. По наблюдениям ГМС, Южно-Сахалинск в этот период выпало 35 мм осадков, что соответствует слою свежевыпавшего снега высотой до 44 см. Однако, согласно перерасчету количества осадков по данным снегомеров, проведенных на контрольных площадках и вдоль указанных улиц, на территорию города выпало 50 мм осадков. Разница в объемах осадков скорее всего связана с выдуванием снега из осадкомера на ГМС.

Учитывая возможное выпадение значительных объемов снега в Южно-Сахалинске, основная проблема коммунальных служб города в зимний период – его вывоз и складирование.

До 2010 г. в Южно-Сахалинске официально функционировал один снежный полигон, расположенный в южной части города на пересечении улиц Железнодорожная и Пуркаева. Закрытие по-

лигона и перенос его на новое место были вызваны начавшейся просадкой полотна автодороги из-за разуплотнения дорожной одежды, связанного с переувлажнением грунтов от поступления талых вод с полигона. По данным наблюдений авторов, таяние снежных масс на полигоне продолжалось до конца октября 2010 г.

С зимнего сезона 2010–2011 гг. городскими властями отведены два участка под полигоны для складирования снежных масс: полигон-1 располагается в северной части города по пр. Мира (в р-не ТЭЦ), полигон-2 – в южной части в районе ул. Железнодорожной (рис. 1).

На полигон-1 свозился снег с прилегающей к нему территории ТЭЦ, а также с ул. Украинской и с территории оптово-торговой базы. С южных и центральных районов города снег свозился на полигон-2.

Прием снежных масс на полигоны начинается в декабре и заканчивается в апреле, в это же время начинается активное снеготаяние. Ежемесячная масса накопленного на полигонах снега сильно зависит от распределения осадков в течение зимнего сезона и качества расчистки городских улиц. Общая площадь полигонов на момент их создания составляла 9.3 га. В последующие зимние сезоны их площадь увеличивалась (в основном за счет полигона-2). В зимнем сезоне 2014–2015 гг. общая площадь занятых под снежные полигоны земель составляла 19 га (табл. 1)

С начала вывоза снега с территории города ежемесячно проводились работы по измерению размеров полигонов, плотности складированной на них снежно-ледовой массы, проводилась фотосъемка их состояния. Указанные виды работы продолжались вплоть до полного стаивания снежно-ледовой массы.



Рис. 2. Общий вид полигона-1 в период снеготаяния, 10.07.2013 г.

К началу сезона снеготаяния полигоны представляли собой снежно-ледовые образования, сильно загрязненные бытовыми отходами, а фактически – несанкционированные свалки в черте города (рис. 2).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования изучено воздействие снежных полигонов на окружающую среду за пять зимних сезонов (с 2010 по 2015 г.). В этот период можно выделить сезоны с различной степенью снежности. По количеству выпавших твердых осадков зимние сезоны 2010–2011, 2013–2014, 2014–2015 гг. можно отнести к малоснежным, а сезоны 2011–2012 и 2012–2013 – к многоснежным.

В среднем на площади Южно-Сахалинска за зимний сезон накапливается около 130 млн м<sup>3</sup> снега. Для оценки объема и массы снега, накопленного за зимний сезон на территории городской застройки, учитывали значение средней плотности снега, которое было рассчитано по результатам многолетних наблюдений на контрольной площадке, расположенной в границе города, но не подверженной влиянию антропогенных факторов, а также на дополнительных заложенных в городской черте площадках (см. рис. 1). Величина средней плотности снега 260 кг/м<sup>3</sup>, используемая в расчетах средняя высота снега 0.7 м.

Расчищаемая от снега территория составляет около 10% от общей площади города, в основном это уличное полотно и придомовые территории. Таким образом, 90% городских площадей (лесопарковая, сельскохозяйственная и промышленная зоны, а также кровли зданий и сооружений) не расчищаются.

В микроклиматическом масштабе городская инфраструктура оказывает отепляющее воздействие на занятую территорию. Это приводит к таянию снега в течение зимнего сезона, что в наибольшей степени проявляется на кровлях зданий. Помимо этого для стаивания снега коммунальные службы используют смешанные с песком химические реагенты. Под воздействием транспорта происходит сильное уплотнение снега, что приводит к образованию льда на дорогах и придомовых территориях. Эти факторы способствуют уменьшению объема снега в городе.

Площадь полигона-1 на момент создания составляла 3.3 га, и в последующие зимние сезоны она изменялась незначительно (см. табл. 1), так как по периметру полигон ограничен железной дорогой, забором территории ТЭЦ, ответвлением автодороги и складскими помещениями.

Площадь полигона-2 увеличилась с 6.0 до 15.5 га (см. табл. 1), что связано с его местоположением и тем, что сюда свозился наибольший объем снега. Полигон расположен на неиспользуемых



Рис. 3. Отводная канава, по которой талая вода с полигона-1 сливается в кювет автодороги, 28.05.2014 г.



Рис. 4. Тепловизионная съемка участка полигона-1, показанного на рис. 2.

землях сельскохозяйственного назначения. В западном направлении площадь полигона-2 ограничивает грунтовая дорога, разделяющая заброшенные сельскохозяйственные поля. В сезон 2014–2015 гг. тело полигона вплотную подошло к дороге. С северной и южной сторон полигон на значительном расстоянии объектами инфраструк-

туры не ограничен. Динамика увеличения площади полигона-2 показана на рис. 1.

Увеличение площадей полигонов происходит не только за счет прироста снега от новых снегопадов. Работа на полигонах ведется постоянно, снежную массу раскатывают для уменьшения высоты полигонов и уплотнения снега.

Основание полигона-1 имеет глинистый замок, который препятствует проникновению талой воды в грунты, лежащие в его основании. Талая вода собирается по его периметру, что приводит к заболачиванию прилегающей территории. В 2013 г. чтобы уменьшить заболачивание территории была нарезана отводная канава (рис. 3), по которой талая вода должна стекать в кювет автодороги. Однако принятые решения не обеспечили полного отвода талых вод, что привело к повышению уровня грунтовых вод, обводнению грунтов основания дорожного полотна, вследствие чего произошла просадка полотна автодороги на участке подтопления.

В 2011 г. полигон-1 полностью не стоял в течение теплого периода. Это было связано с тем, что свозимый на него снег уплотняли водой и пересыпали песком, что привело к консервации ледяного ядра, которое в последующие зимние сезоны только увеличивалось. В результате образовался участок многолетнемерзлых пород, которые ранее не отмечались на юге о. Сахалин. Сохране-

**Таблица 2.** Содержание катионов и анионов в пробах снега и ПДК для рыбохозяйственных водоемов, мг/л\*

№ пробы	Содержание катионов, мг/л						Содержание анионов, мг/л			
	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>
Городская фоновая проба	–	0.56	0.27	0.53	0.13	0.05	–	0.83	0.02	0.22
Проба складированного снега (проба 1)	–	1.17	0.48	0.81	0.83	0.19	0.02	2.27	0.51	1.78
Проба прессованного снега (проба 2)	0.003	91.7	–	1.7	23.8	1.1	0.14	143	0.3	8.63
ПДК	0.08	120	0.5	50	180	40	0.75	300	0.08	1.35

Примечание. – Не обнаружен.

\*Анализ проб проведен лабораторией аналитической химии ДВГИ ДВО РАН (методом ионной хроматографии).

нию ледяного ядра также способствовал мусор, накопленный на теле полигона, который создавал дополнительное термическое сопротивление, предохраняющее снег от стаивания, что особенно заметно при проведении тепловизионной съемки (рис. 2, 4). Съемку проводили тепловизором фирмы FLIR Systems, модель i3. Характеристики прибора, заявленные производителем: поле зрения/минимальное фокусное расстояние 12.5 × 12.5/0.6 м; температурная чувствительность <0.15°C; интервал температур –20 ... +250°C; точность ±2°C, или ±2% от абсолютной температуры (в °C).

Летом 2014 г. городскими властями было принято решение ликвидировать полигон-1, ледяное ядро полигона было разбито, снег стаял. Занимаемую полигоном площадку отсыпали грунтом и разровняли. Однако в январе 2015 г. этот полигон вновь открыли. По состоянию на 01.10.2015 г. максимальная высота снега на полигоне составляла 7 м, средняя – 3 м.

Обследование полигона-2 показало, что на всей площади основания полигона отсутствует гидроизоляция, а талые воды не подвергаются сбору и очистке. В результате происходит проникновение загрязняющих веществ в талую воду, почву и подстилающие грунты. Исследуемый полигон расположен на неиспользуемых сельскохозяйственных полях с мелиоративной системой, по которой происходит сток воды как с самого полигона, так и с системы автодорожных канав, расположенных вдоль дороги, ведущей к нему. Кроме того, по этой территории протекает ручей, зарегулированный выше полигона системой автодорожных канав и имеющий постоянное течение. Таким образом, талая вода с полигона через систему мелиоративных канав напрямую поступает в р. Суся, которая относится к водоемам

рыбохозяйственного назначения, что нарушает ч. 1 ст. 35 ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ [13]. Ширина зоны затопления упомянутой реки может составлять 4–5 км, максимальный уровень высоких вод в ней достигает 8 м, т.е. снежный полигон находится в зоне затопления, что противоречит ст. 65 ч. 4 Водного кодекса РФ [1].

**Загрязненность снега и воды.** Для определения содержания химических веществ в складированных снежных массах в 2012 г. были отобраны пробы: проба № 1 – в момент складирования снежной массы, привезенной с территории города, проба № 2 – из бровки снежного отвала. Для сравнения был отобран снег с городской территории, находящийся в ненарушенном залегании (фоновая проба). В пробах определены элементный состав и содержание катионов и анионов методами атомно-эмиссионной спектрометрии и ионной хроматографии (табл. 2, 3).

Методом атомно-эмиссионной спектрометрии в пробах определено содержание элементов В, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Ni, Pb в значениях <0.01 мг/л.

Сравнивая содержания химических веществ в пробе снега, отобранного на момент складирования, и в пробе лежалого снега, отметим, что вследствие воздействия на снег внешних факторов (прессование, таяние) концентрации загрязняющих веществ на единицу объема увеличились.

Для оценки загрязняющего влияния полигона на природную среду результаты химического анализа проб снега сопоставлены с ПДК для рыбохозяйственных водоемов [8].

Превышение ПДК обнаружено по пяти веществам 4-го класса опасности: NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, Al, Fe, Mn

**Таблица 3.** Содержание элементов в пробах снега и ПДК для рыбохозяйственных водоемов, мг/л\*

№ пробы	Al	Ba	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	Sr	Zn
Городская фоновая проба	0.01	0.01	0.27	0.01	0.25	0.17	<0.01	1.08	<0.01	0.01
Проба складированного снега (проба 1)	<0.01	<0.01	1.24	0.02	0.09	0.11	0.01	0.55	<0.01	0.01
Проба прессованного снега (проба 2)	0.49	0.04	20.07	0.82	1.93	1.51	0.05	101.0	0.07	0.01
ПДК	0.04	0.74	180	0.1	50	40	0.01	120	0.4	0.01

\* Анализ проб проведен лабораторией аналитической химии ДВГИ ДВО РАН (методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой).

**Таблица 4.** Содержание катионов и анионов в пробах талой воды и ПДК для рыбохозяйственных водоемов, мг/л\*

Дата отбора	10.07.2013 г.		24.07.2014 г.		ПДК
	№ полигон	1	2	1	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	–	–	–	–	0.5
Fe <sup>2+</sup> + Fe <sup>3+</sup>	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1
F <sup>-</sup>	0.5	0.1	–	–	0.75
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02	0.02	0.02	0.1	0.08
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	–	–	5	10	40
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	69.12	53.76	192	230.4	100

Примечание. – Не обнаружен.

\* Анализ проб проведен сотрудниками СФ ДВГИ ДВО РАН с помощью полевой комплектной лаборатории для определений показателей качества воды «НКВ» (производитель ЗАО «Крисмас+») (методами анализа на основе ГОСТ 24902, ГОСТ 18309 и др.).

(см. табл. 2, 3). ПДК по Al превышено в 12 раз; по Fe – в 8 раз; по NO<sub>2</sub><sup>-</sup> и Br<sup>-</sup> – в 6 раз; по Mn – в 5 раз. Концентрация Zn (3-й класс опасности) по всем пробам равна ПДК [8].

В июле 2013 и 2014 гг. полевыми методами проведен анализ талой воды, стекающей с полигонов (табл. 4). Отмечено превышения ПДК: по железу общему (за оба года) – до 3 раз; по нитрит-аниону (за 2014 г.) и по сульфат-аниону (за 2014 г.) – более чем в 2 раза.

Полученные данные о концентрациях загрязняющих веществ дают основание говорить о снежном отвале как о производственном объекте, в результате деятельности которого образуются загрязняющие вещества в превышающих ПДК концентрациях.

**Загрязненность почвы и грунтов.** Для оценки изменения химического состава и физико-химических характеристик грунтов основания полигона проведены мониторинговые исследования. На

первом этапе были отобраны пробы грунтов полигона-2, определены параметры гранулометрического состава, показатели физического состояния грунтов, их химический и микроэлементный состав (табл. 5). Аналитические работы выполнены в ЦКП ИЗК СО РАН «Геодинамика и геохронология», г. Иркутск [9–11].

*Места отбора проб в районе расположения полигона-2 (дата отбора 16.05.2013 г.)*

**Проба 1** отобрана из верхнего горизонта (0–10 см); представлена гравийно-песчаным грунтом, образовавшимся после таяния снега в отвале, с включением растительных остатков верхнего почвенного горизонта, который он перекрывает.

**Проба 2** отобрана ниже пробы 1 в том же шурфе (10–30 см); представлена глиной с включением гравия.

**Проба 3.** Гравийно-песчаный грунт с поверхности складированного на полигоне снега, обра-

Таблица 5. Показатели состава и свойств грунтов полигона-2\*

№ пробы	Время размокания	Гумус, %	Емкость катионного обмена, мг-экв	Пластичность Ip	Плотность минеральной части, г/см <sup>3</sup>
Проба 1. Агрегированный песок	9 мин 40 сек	4.5	10	3.3	2.52
Проба 2. Агрегированный суглинок	11 мин 55сек	–	–	9.2	2.51
Проба 4. Заполнитель брекчии – агрегированный суглинок	2 мин 24 сек	4.2	10	8.9	2.28
Проба 3. Дресвяный грунт (имеет отличительные показатели)	1 час 30 мин	дресва (частицы 2–20 мм) – 15.2% средне-крупнопесчаные – 29.9% крупнопесчаные – 22.6% фракция < 0.1 мм – 6.4%			

\* Анализы проб были выполнены в лаборатории инженерной геологии ИЗК СО РАН.

зовавшийся в результате вывоза на полигон снега с песчано-гравийной смесью от подсыпки дорог в зимний период. Мощность слоя на поверхности снега 0–25 см. Место обора образца – центральная часть полигона.

**Проба 4** представлена гравийно-галечным грунтом с суглинистым заполнителем. Точка отбора находится вне пределов складирования снега. На месте отбора пробы прослеживаются остатки гидротехнических сооружений. Есть основания полагать, что это фрагмент заболоченной поймы ручья, русло которого спланировано при мелиоративных работах. Проба отобрана с глубины 10–30 см от поверхности, под почвенно-растительным слоем. Грунтовые воды находятся на глубине 0–15 см от поверхности.

При обработке данных о параметрах микроструктуры и химическом (породообразующем) составе отложений полигона использовалась программа кластерного анализа Q-типа, установленная на персональном компьютере в EXCEL-2003 [5]. График-дендрограмма представляет собой группирование (кластеризацию) объектов по степени сходства между ними относительно анализируемых признаков. Чем больше «евклидово расстояние», тем меньше степень близости между образцами по значениям показателей.

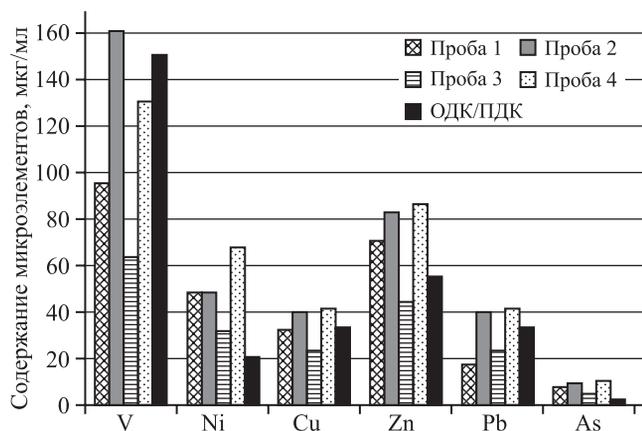
Группирование образцов грунтов по параметрам микроструктуры и валовому химическому составу показало сходство грунта подстилающе-

го горизонта (проба 2) и грунта вне зоны складирования снега (проба 4). Это позволяет говорить о том, что показатели свойств грунта пробы 2 характерны для грунтов на всей площади полигона и для естественных грунтов на данной территории.

Обособленность пробы 3 связана с привнесением гравийно-песчаного грунта со снегом, свозимым на полигон с городской территории, и отсыпкой дороги, проходящей по полигону.

Полученные данные по микроэлементному составу сравнивались с ОДК или ПДК для почв. Так как нормативы, действующие на территории РФ, устанавливают допустимые концентрации химических веществ в почве не по всем элементам, только некоторые из них рассмотрены в сравнении с [4, 12].

На рис. 5 представлены содержания определяемых микроэлементов в пробах и их ОДК/ПДК. Установлено превышение содержания Ni и As во всех пробах (например, в пробе 4 Ni – в 3.3 раз; As – в 4.8 раз). В пробе 2 превышено содержание V (в 1.1 раз), Cu (в 1.2 раза), Zn (1.5 раза). Превышения содержания Pb также отмечены в пробах 2 и 4. Так как целью работы не было определение размера ущерба, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, норма ОДК/ПДК взята по самому жесткому варианту для наименее устойчивых к загрязнению почв.



**Рис. 5.** Содержание микроэлементов в грунтах полигона-2 и их ОДК/ПДК в почвах [4, 12]. Анализы выполнены в ЦКП ИЗК СО РАН методом рентгенофлуоресцентного анализа (аналитик Штельмах С. И.).

Результаты анализа грунтов подтверждают вывод о том, что снежные полигоны представляют собой опасные для городской среды объекты, в результате функционирования которых накапливаются загрязняющие вещества.

**Инженерно-геологические последствия.** Складирование снега в пределах городской застройки приводит к развитию следующих опасных экзогенных геологических процессов (ОЭГП):

- подтопление городской территории и инфраструктуры подземными водами, вызванное подъемом уровня грунтовых вод при таянии снежного полигона;

- развитие на подтопленных территориях суффозии, которая приводит к просадкам грунтов уличной сети, деформации фундаментов зданий и сооружений;

- заболачивание городской территории вследствие подтопления грунтовыми водами и выходом их на дневную поверхность;

- увеличение интенсивности эрозионных процессов в руслах водотоков, протекающих через тело полигона, либо на водотоках, в которые происходит сброс талых вод, за счет увеличения объемов и скоростей стока;

- повышение уровня грунтовых вод в районе складирования снега может привести к разжижению грунтов, а с учетом 7–9-балльной сейсмичности территории г. Южно-Сахалинск – даже при небольших землетрясениях вызвать разрушение зданий и сооружений, находящихся в зоне воздействия снежных полигонов;

- развитие на подтопленных территориях процессов морозного пучения, которые приводят

к деформациям уличных покрытий и фундаментов зданий.

Таким образом, обустройство снежных полигонов на необорудованных площадках в черте города увеличивает риски возникновения чрезвычайных ситуаций от активизации ОЭГП [14]. Принятие решения по обустройству снежных полигонов должно предваряться инженерно-геологическими изысканиями на площадке строительства, с оценкой инженерно-геологических условий и рекомендациями по защите от развития ОЭГП на данной территории.

## ВЫВОДЫ

Выполненные исследования показали, что при оборудовании снежных полигонов не были выполнены природоохранные мероприятия: не сделана гидроизоляция основания полигонов, не произведена обваловка полигонов, отсутствовали сооружения для очистки талых вод. Более того, с полигона-2, расположенного в пойме р. Сусуя, загрязненные талые воды из тела снежного полигона поступали через мелиоративный канал непосредственно в реку.

Следствием отсутствия мер по снижению антропогенного воздействия от снежных полигонов стало загрязнение окружающей среды. Зафиксированы превышения уровня ПДК в талой воде по  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Al, Fe, Mn и превышение ОДК/ПДК в почве по Ni, As, V, Cu, Zn.

Как показывают наблюдения, столь мощное антропогенное снежно-ледовое образование в течение теплого периода окончательно не стаивает, и на его месте возможно образование участка многолетнемерзлых пород, что не характерно для юга о. Сахалин [15].

Искусственное создание многолетнемерзлых пород приводит к изменению инженерно-геологических условий на участках их размещения, развитию процессов заболачивания и избыточного обводнения. Складирование свозимого вместе со снегом смета с городских улиц, в том числе и физического мусора (пакетов и др.), приводит к изменению гранулометрического состава и физических (например, фильтрационных) свойств грунтов тела полигона и к накоплению в них химических загрязняющих компонентов. Зона загрязнения увеличивается с каждым годом.

Для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду и оптимизации затрат на вывоз снега с городских улиц необходимо провести

выбор территории, пригодной для размещения снежных полигонов в пределах городской черты. На выбранных площадках в преддверии зимнего сезона необходимо выполнить мероприятия по снижению антропогенной нагрузки на окружающую природную среду: гидроизоляцию основания полигона с применением современных изолирующих материалов (геомембраны и т.д.); обваловку места складирования загрязненных снежных масс для уменьшения негативного воздействия на водные объекты; оборудовать организованный сток талых вод, образующихся при таянии снега со сбросом в систему городской канализации, либо оборудовать систему сброса воды с полигона очистными сооружениями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ. М.: Юрайт-Издат, 2006. 47 с.
2. Генесина А.С. Основные синоптические процессы в зимний период над Сахалинской областью // Снег и лавины Сахалина / Ред. В. Е. Барабаша, А. К. Дюнина. Л.: Гидрометеиздат, 1975. С. 5–12.
3. Генсиоровский Ю.В. Периодичность метелевых зим на острове Сахалин и проблемы снегозаносимости урбанизированных территорий // Геориск. 2010. № 4. С. 32–36.
4. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М.: Стандартинформ, 2009. 8 с.
5. Данилов Б.С. Кластерный анализ в EXCEL // Структура литосферы и геодинамика / Под ред. Ф. А. Летникова. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2001. С. 18–19.
6. Земцова А.И. Климат Сахалина. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 198 с.
7. Климат Южно-Сахалинска / Ц. А. Швер, Д. Ф. Лазарева (ред.). Л.: Гидрометеиздат, 1982. 256 с.
8. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения от 18.01.2010 № 20. М.: Юрайт-Издат, 2011. 66 с.
9. Рященко Т.Г. Региональное грунтоведение (Восточная Сибирь). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. 287 с.
10. Рященко Т.Г., Акулова В.В., Ухова Н.Н., Штельмах С.И., Гринь Н.Н. Лессовые грунты Монголо-Сибирского региона. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2014. 241 с.
11. Рященко Т.Г., Ухова Н.Н. Химический состав дисперсных грунтов: возможности и прогнозы (юг Восточной Сибири). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2008. 131 с.
12. СанПиН 42-128-4433-87. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. М.: Стандартинформ, 2011. 27 с.
13. Федеральный закон “Об охране окружающей среды” от 10.01.2002 № 7-ФЗ. М.: Юрайт-Издат, 2007. 43 с.
14. Gensiorovsky Y.V., Ukhova N. N., Lobkina V. A. Geotechnical and ecological aspects of locating snow fields on the urbanized territory (Yuzhno-Sakhalinsk) / Naaim-Bouvet F., Durand Y., Lambert R. (ed.) // International Snow Science Workshop 2013. 2013. P. 1181–1184.
15. Podolskiy E. A., Lobkina V. A., Gensiorovsky Y. V., Thibert E. Evaluating ablation and environmental impact of anthropogenic snow patches (Yuzhno-Sakhalinsk, Russia) // Cold Regions Science and Technology. 2015. V. 114. P. 44–60.

## REFERENCES

1. Vodnyi kodeks Rossijskoi Federatsii ot 03.06.2006 № 74-FZ [Water Code of the Russian Federation, dated 03.06.2006, no. 74-FZ]. Moscow, Yurayt Izdat, 2006, 47 p. (in Russian).
2. Genesina, A.S. [The main synoptic processes in the winter in the Sakhalin Region]. *Sneg i laviny Sakhalina* [Snow and avalanches of Sakhalin], V. E. Barabash, A. K. Dyunin, Eds, Leningrad, Gidrometeoizdat, 1975, pp. 5–12 (in Russian).
3. Gensiorovskii, Y. V. *Periodichnost' metelevykh zim na ostrove Sakhalin i problemy snegozanosimosti urbanizirovannykh territorii* [Periodicity of snowstorm winters on the Sakhalin Island and snowing problems in the urbanized territories]. *Georisk*, 2010, no. 4, pp. 32–36 (in Russian).
4. GN2.1.7.2511-09. *Orientirovochno dopustimye kontsentratsii (ODK) khimicheskikh veshchestv v pochve* [The approximate permissible concentrations (APC) of chemical substances in soil]. Moscow, Standartinform Publ., 2009, 8 p. (in Russian).
5. Danilov, B.S. [Cluster analysis in EXCEL]. *Stroenie litosfery i geodinamika* [Lithosphere structure and geodynamics], 2001, pp. 18–19 (in Russian).
6. Zemtsova, A. I. *Klimat Sakhalina* [The climate of Sakhalin]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1968, 198 p. (in Russian).
7. *Klimat Yuzhno-Sakhalinska* [Climate of Yuzhno-Sakhalinsk]. Ts.A. Shver, D. F. Lazarev, Eds, Leningrad, Gidrometeoizdat, 1982, 256 p. (in Russian).
8. *Normativy kachestva vody vodnykh ob'ektov rybokhozyaistvennogo znacheniya, v tom chisle normativy predel'no dopustimykh kontsentratsii vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybokhozyaistvennogo znacheniya ot 18.01.2010 № 20* [Water quality standards for fishery water bodies, including the maximum permissible concentrations of harmful substances in the water of fishery water bodies, dated 18.01.2010,

- no. 20] Moscow, Yurayt Izdat, 2011, 66 p. (in Russian).
9. Ryashchenko, T. G. *Regional'noe gruntovedenie (Vostochnaya Sibir')* [Regional soil science (Eastern Siberia)]. Irkutsk, IZK SO RAN, 2010, 287 p. (in Russian).
  10. Ryashchenko, T.G., Akulova, V.V., Ukhova, N.N., Shtelmakh, S.I., Grin', N. N. *Lessovye grunty Mongolo-Sibirskogo regiona* [Loess deposits of Mongolian-Siberian region]. Irkutsk, IZK SO RAN, 2014, 241 p. (in Russian).
  11. Ryashchenko, T.G., Ukhova, N. N. *Khimicheskii sostav dispersnykh gruntov: vozmozhnosti i prognozy (yug Vostochnoi Sibiri)* [Chemical composition of fine-grained soils: opportunities and forecast (the south of Eastern Siberia)]. Irkutsk, IZK SO RAN, 2008, 131 p. (in Russian).
  12. *SanPiN 42-128-4433-87. Sanitarnye normy dopustimyykh kontsentratsii khimicheskikh veshchestv v pochve* [Sanitary norms of allowable concentrations of chemicals in soil]. Moscow, Standartinform Publ., 2011, 27 p. (in Russian).
  13. *Federal'nyi zakon "Ob okhrane okruzhayushchei sredy" ot 10.01.2002 № 7-FZ* [Federal law "On environmental protection" (10.01.2002 № 7-FZ)]. Moscow, Yurayt Izdat, 2007, 43 p. (in Russian).
  14. Gensiorovsky, Y.V., Ukhova, N.N., Lobkina, V. A. Geotechnical and ecological aspects of locating snow fields on the urbanized territory (Yuzhno-Sakhalinsk). Naaim-Bouvet F., Durand Y., Lambert R., Eds *International Snow Science Workshop 2013*, 2013, pp. 1181–1184.
  15. Podolskiy, E.A., Lobkina, V.A., Gensiorovsky, Y.V., Thibert, E. Evaluating ablation and environmental impact of anthropogenic snow patches (Yuzhno-Sakhalinsk, Russia). *Cold Regions Science and Technology*, 2015, vol. 114, pp. 44–60.

## GEOECOLOGICAL PROBLEMS OF SNOW-DISPOSAL AREAS IN CITIES (BY THE EXAMPLE OF YUZHNO-SAKHALINSK)

V. A. Lobkina\*, Yu.V. Gensiorovskii\*, N. N. Ukhova\*\*

\*Far East Geological Institute, Sakhalin Branch, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Gor'kogo ul. 25, Yuzhno-Sakhalinsk, 693023 Russia. E-mail: valentina-lobkina@rambler.ru

\*\*Institute of the Earth's Crust, Siberian Division, Russian Academy of Sciences, ul. Lermontova 128, Irkutsk, 664033 Russia. E-mail: nat\_ukhova@crust.irk.ru

This paper presents data on the amount of snow accumulated in the landfills in Yuzhno-Sakhalinsk, as well as on the chemical composition and physicochemical characteristics of landfill surface soils, and chemical indicators of melt water from the landfill body. The systematic removal of snow from the city streets and its storage at the disposal sites has formed anthropogenic firn basins, which are not typical of the Southern Sakhalin. One of the difficult geological and environmental problems is the selection of snow disposal areas. At present, this problem is not adequately solved.

The snow amount accumulated within the disposal sites of Yuzhno-Sakhalinsk was calculated by measuring areas occupied by landfills. The snow volume exceeded 1,5 million m<sup>3</sup> over the observation period (2010–2015). Snow melting affects significantly the composition and physicochemical properties of soils on landfill surface; and the change in moisture and the degree of water saturation of soil strata reduces their strength properties. In addition, contaminated water from the landfill flows into nearby river system, producing a hazardous impact on the biota.

The polluting elements in snow samples were determined by the atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma in the Laboratory of analytical chemistry, Far East Geological Institute, Far East Division RAS (Vladivostok, Russia); and the anion-cation composition of melt water was determined by ion chromatography. As a result, it was found that in samples from the landfill meltwater the permissible level of pollution was exceeded for four ingredients of the fourth hazard class (NH<sup>4+</sup>, Al, Fe, Mn); whereas the maximum permissible concentration for Fe and Mn was exceeded by 8 and 5 times, respectively.

Since the landfill base has no waterproofing over the entire area, and the melted water is not collected and purified, contaminants penetrate into the soil and underlying ground layers. The study was carried out on the chemical composition and trace element content at soil test site, as well as on the particle-size composition and physical properties of soils. The facilities of Center for Geodynamics and Geochronology at the Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia were used for this study. The monitoring of the soil base landfill is required for assessing the changes in the chemical composition and physicochemical characteristics.

**Keywords:** anthropogenic firn basins, geoecology, snow contamination, snow disposal area, Yuzhno-Sakhalinsk.