

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ЛЕДНИКИ

УДК 504.058, 54.064

DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2019-4(60-67)

**ДИНАМИКА ГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ
В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ СНЕЖНЫХ ПОЛИГОНОВ
(Г. ЮЖНО-САХАЛИНСК)****В.А. Лобкина, А.А. Музыченко, М.В. Михалев***Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Сахалинский фил., лаборатория лавинных и селевых процессов,
693000, Южно-Сахалинск, ул. Горького, 25, Россия; valentina-lobkina@yandex.ru*

Для оценки химического состава и физико-химических характеристик грунтов, залегающих в основании снежных полигонов г. Южно-Сахалинска, с 2013 г. проводятся отборы проб. Полученные данные по микроэлементному составу сравнивались с ориентировочно-допустимыми концентрациями для почв и фоновыми значениями. Отмечены превышения ориентировочно-допустимых концентраций по Ni, As, V, Cu, Zn в пробах грунта, отобранных в 2013 г. В 2017 г. получены превышения фоновых характеристик по Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , Pb и ориентировочно-допустимых концентраций по Zn, Ni. Превышения ориентировочно-допустимых концентраций по Zn, Ni, Pb, As, Cu отмечены в пробах грунта, отобранных в 2018 г. Результаты химического анализа проб почвогрунтов подтверждают сделанное ранее предположение о значительном загрязнении городской среды в зоне воздействия снежных полигонов.

*Геоэкология, загрязнение почв, снежные полигоны, Южно-Сахалинск, Сахалин***SOIL GEOCHEMISTRY DYNAMICS AT SNOW DISPOSAL SITES
IN YUZHNO-SAKHALINSK****V.A. Lobkina, A.A. Muzychenko, M.V. Mikhalev***Far East Geological Institute, FEB RAS, Sakhalin Filial,
25, Gorkogo str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693000, Russia; valentina-lobkina@yandex.ru*

Soil geochemistry dynamics at snow disposal sites in Yuzhno-Sakhalinsk city has been monitored since 2013 to evaluate the contents of elements and physicochemical properties of soil. The measured element contents were compared with the respective approximate permissible concentrations for soils and background values. Four soil samples collected in 2013 contained abnormal approximate permissible concentrations of Ni, As, V, Cu, and Zn. In 2017 the exceeded background characteristics on Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , Pb and the exceeded approximate permissible concentrations on Zn and Ni were obtained. Soils sampled in 2018 contained Zn, Ni, Pb, As, and Cu exceeding the approximate permissible concentrations. The results of chemical analysis of soil samples confirm the preliminary conclusion on the significant pollution of the urban environment in the area affected by snow disposal sites.

*Geoenvironment, soil pollution, snow disposal site, artificial snow patch, Yuzhno-Sakhalinsk, Sakhalin***ВВЕДЕНИЕ**

Складирование снежных масс, образующихся при расчистке территории городской застройки от снега, приводит к образованию природно-антропогенных объектов – снежных полигонов. В настоящее время в федеральном законодательстве отсутствуют нормативные акты, регулирующие отношения в сфере утилизации снежных масс с городских улиц. Понятия “снежный полигон” в научной литературе не существует, однако оно широко используется в СМИ. Все вопросы обращения со снегом отнесены к благоустройству территории поселения и отданы на усмотрение адми-

нистрации на местах [Федеральный закон..., 2018]. В данной работе под снежным полигоном подразумевается площадка для размещения и хранения снежных масс, вывезенных с территории поселения.

Пробел в законодательном регулировании обустройства снежных полигонов во многом связан с отсутствием достаточного количества данных о том влиянии, которое они оказывают на окружающую среду.

Снег, свозимый с урбанизированной территории, отличается от снега, отложенного за ее преде-

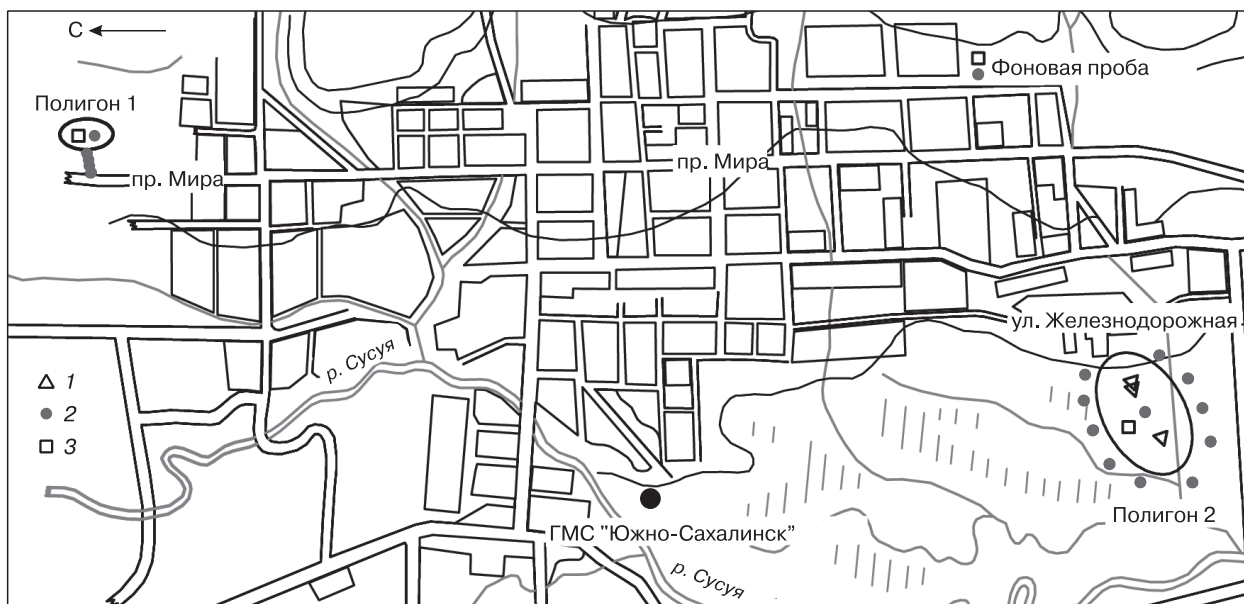


Рис. 1. Схема расположения снежных полигонов в г. Южно-Сахалинске.

1 – первый этап отбора (2013 г.); 2 – второй этап отбора (2017 г.); 3 – третий этап отбора (2018 г.). Места отбора проб грунта (площади полигонов показаны вне масштаба).

лами, так как он абсорбирует примеси из городских аэрозолей (выхлопы автотранспорта, выбросы ТЭЦ и др.), а также насыщается реагентами, используемыми для уменьшения объема снега в пределах городской застройки [Тентюков, 2007]. При расчистке улиц в снег попадают песок и мусор, которые также вывозятся и накапливаются на снежных полигонах. В результате таяния снега на полигонах прилегающая к ним территория значительно загрязняется. Миграция и дальнейшая аккумуляция загрязняющих веществ в почве оказывают негативное влияние на экологическую обстановку территории города, расположенной в непосредственной близости от мест складирования снега.

В статье рассматривается антропогенная нагрузка, оказываемая снежными полигонами на почвенно-грунтовый слой. Объектом исследования являются снежные полигоны, расположенные в северной и южной частях г. Южно-Сахалинска (рис. 1). В среднем за зимний сезон на двух снежных полигонах в г. Южно-Сахалинске, занимавших в 2017 г. площадь 18,6 га, накапливается более 1,5 млн м³ снега, что эквивалентно объему самого крупного на юге острова водохранилища.

Вывезенный на полигоны снег может пролежать от четырех месяцев, после завершения периода эксплуатации полигонов (середина апреля), до начала нового периода вывоза снега. Многолетнее складирование снега на северном полигоне вызвало формирование участка многолетнемерз-

лых пород, перекрытого чехлом из песка, грунта и бытового мусора, ориентировочной мощностью до 3–5 м.

Цель исследования – оценить негативный эффект от снежных полигонов для окружающей среды; определить химические элементы и их концентрацию в грунтах под снежными полигонами; провести сравнение полученных концентраций с фоновыми показателями и действующими нормами РФ [ГН 2.1.7.2511-09, 2018; МУ 2.1.7.730-99, 2018; СанПиН 42-128-4433-87, 2018]; определить направления миграции химических элементов от тел снежных полигонов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки изменения химического состава грунтов поверхности, на которую складировается снег (далее по тексту – основание полигона), осуществлялись отборы проб.

На *первом этапе* (2013 г.) были отобраны 4 пробы грунта основания полигона 2 в южной части города (см. рис. 1), определены параметры гранулометрического состава, показатели физического состояния грунтов, их химический и микроэлементный состав. Две пробы были отобраны в одном шурфе: первая – из верхнего почвенно-растительного слоя (0–10 см); вторая – из последующего слоя (10–30 см); третья – объединенная проба с основания снежного полигона, состоящая из сухого остатка, сформировавшегося после стаивания снега на полигоне; четвертая – фоновая проба

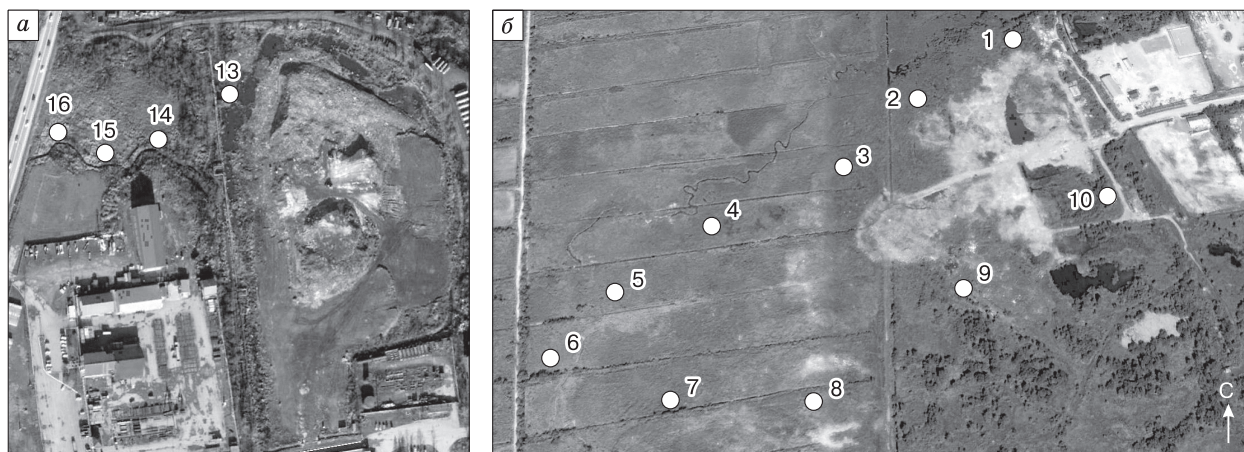


Рис. 2. Схема мест отбора проб на втором этапе (2017 г.).

а – полигон 1; б – полигон 2. 1–16 – номера проб.

вне пределов складирования снега. Аналитические работы выполнены в ЦКП ИЗК СО РАН “Геодинамика и геохронология”, г. Иркутск [Лобкина и др., 2016]. На полигоне 1 в северной части города (см. рис. 1) отбор проб в 2013 г. не производился.

На *втором этапе* (2017 г.) произведен отбор 17 образцов грунта для определения концентрации загрязняющих веществ (рис. 2). На полигоне 1 отобрано 5 проб, на полигоне 2 отобрано 11 проб, также была получена фоновая проба. С верхнего почвенного горизонта (под растительным слоем, на глубине 5–15 см) отобрано 14 проб. Две объединенные пробы получены с основания снежных полигонов. Фоновая проба отобрана вне зоны воздействия снежных полигонов, в районе с меньшей антропогенной нагрузкой. Отбор производился по [ГОСТ Р 53123-2008, 2017]. Лабораторные испытания проведены ФГБУ ГЦАС “Сахалинский”, г. Южно-Сахалинск.

На полигоне 1 пробы отбирались вдоль канавы, отводящей воду с полигона (см. рис. 2, а, пробы № 13–16). Отобрать пробы по периметру не представлялось возможным, так как полигон ограничен объектами инфраструктуры. Канавы, вдоль которой отбирались пробы, была пройдена в 2013 г. с целью уменьшения заболачивания территории вокруг полигона. Основной объем талой воды собирается в северной части полигона 1 и стекает по отводящей канаве. Считается, что это основной путь миграции загрязняющих веществ с поверхностным стоком. Также была отобрана объединенная проба грунта № 12 с поверхности основания полигона (см. рис. 1).

Пробы на полигоне 2 отбирались по его периметру (см. рис. 2, б, пробы № 1–10), на примерно равных расстояниях между точками; проба № 11 –

объединенная проба грунта с поверхности основания полигона (см. рис. 1). Проба № 17 – фоновая.

В 2018 г., на *третьем этапе* были отобраны 4 объединенные пробы грунта со снежоледовой поверхности обоих полигонов в июне и августе, а также фоновая проба. Их полный анализ на элементный состав проведен в лаборатории аналитической химии ДВГИ ДВО РАН, г. Владивосток.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

Первый этап (2013 г.). Группирование образцов грунтов по параметрам микроструктуры позволило выявить естественные грунты для территории, занимаемой полигоном 2. Группирование образцов по валовому химическому составу подтвердило обособленность пробы, отобранной с площадки складирования. Этот результат подтвердил предположение об изменении механических свойств грунтов в связи с привнесом гравийно-песчаного материала со снегом, свозимым на полигон с городской территории, и отсыпкой дороги, проложенной по полигону.

Отмечено превышение содержаний микроэлементов в грунтах относительно ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК). Так, по Ni и As обнаружено превышение по всем пробам (Ni – до 2.4 раза; As – до 4.8 раза), превышение по V в одной пробе в 1.1 раза. Превышение по всем пробам Си составило до 1.2 раза, Zn – до 1.5 раза. Превышений по Pb не отмечено [Лобкина и др., 2016]. Так как целью работы не является определение размера ущерба, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, норма ОДК взята по самому жесткому варианту для наименее устойчивых почв [ГН 2.1.7.2511-09, 2018; СанПиН 42-128-4433-87, 2018].

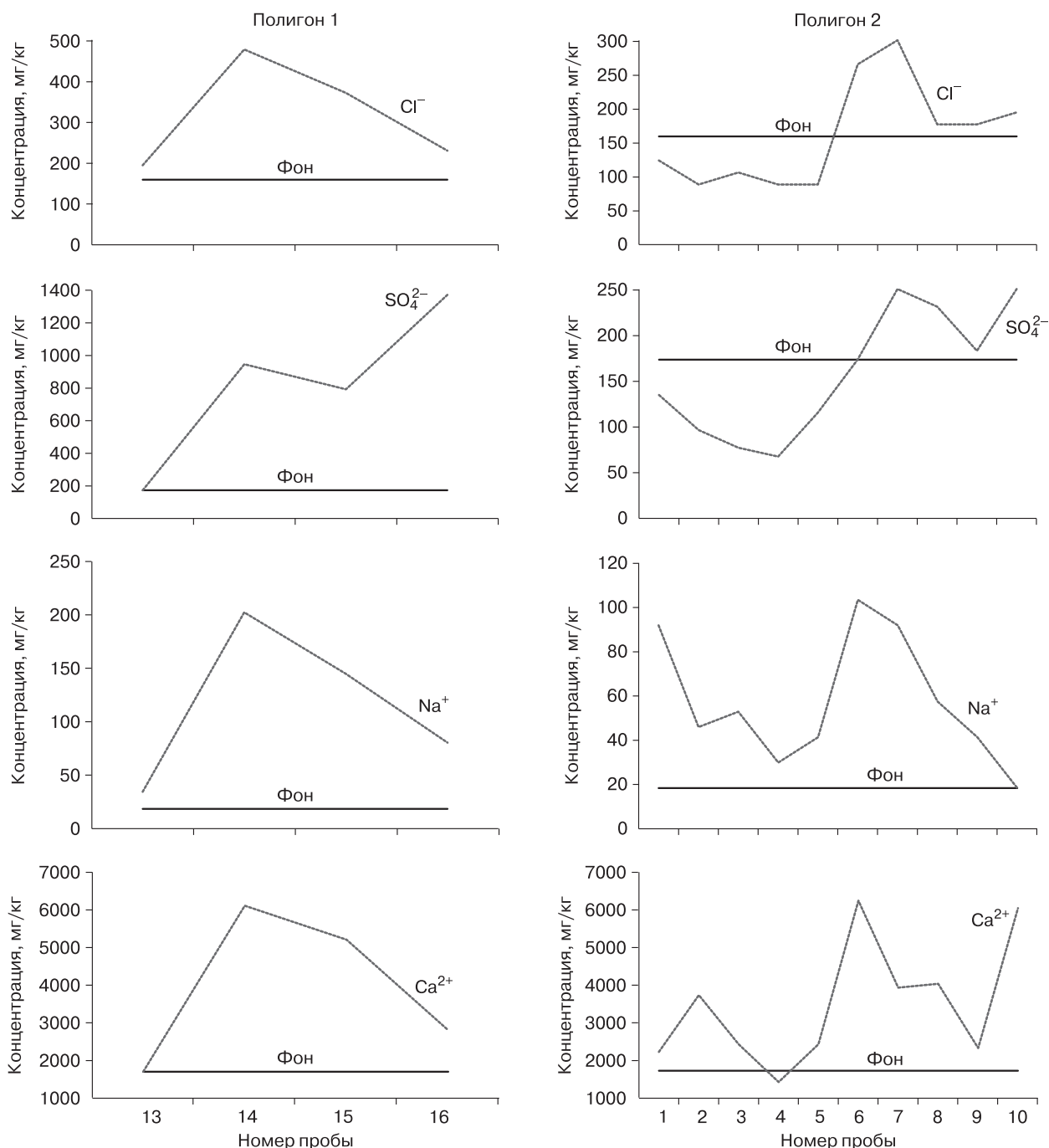


Рис. 3. Концентрация Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} в грунтах в зоне воздействия снежных полигонов в сравнении с фоновым значением, второй этап (2017 г.).

Второй этап (2017 г.). На рис. 3 приведены концентрации элементов в пробах, отобранных вдоль отводящей канавы, в районе полигона 1 (см. рис. 2, а) и по периметру полигона 2 (см. рис. 2, б). Получены следующие результаты:

1) концентрация Cl^- на полигоне 1 выше фоновой концентрации по всем пробам, максималь-

но до 3 раз; на полигоне 2 выше в 5 пробах из 10, максимально до 1.8 раза;

2) концентрация SO_4^{2-} на полигоне 1 выше фона в 3 из 4 проб, максимально до 5.5 раза; на полигоне 2 выше в 4 из 10 проб, максимально до 1.5 раза;

3) концентрация Na^+ на полигоне 1 выше фоновой концентрации по всем пробам, максималь-

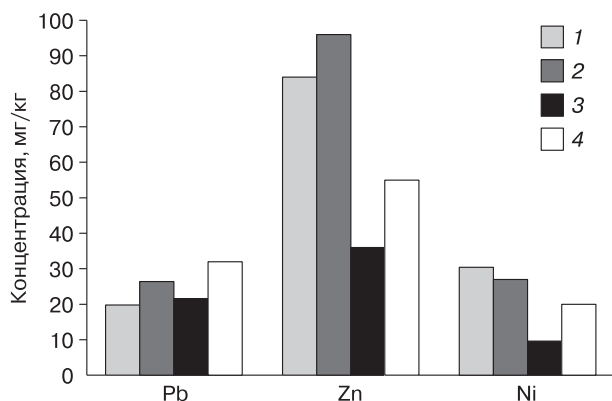


Рис. 4. Содержание тяжелых металлов в пробах (второй этап) в сравнении с фоном и ОДК [ГН 2.1.7.2511-09, 2018].

1 – полигон 1; 2 – полигон 2; 3 – фон; 4 – ОДК.

до 11 раз; на полигоне 2 выше в 9 из 10 проб, максимально до 5.6 раза;

4) концентрация Ca^{2+} на полигоне 1 выше фона в 3 из 4 проб, максимально до 3.6 раза; на полигоне 2 выше в 9 из 10 проб, максимально до 3.6 раза.

Сравнение проб грунта с оснований полигонов 1 и 2 показывает:

1) концентрация Cl^- на обоих полигонах одинаковая (213 мг/кг);

2) концентрация SO_4^{2-} на полигоне 1 составляет 183 мг/кг, на полигоне 2 – 232 мг/кг;

3) концентрация Na^+ на полигоне 1 составляет 34 мг/кг, на полигоне 2 – 64 мг/кг;

4) концентрация Ca^{2+} на полигоне 1 составляет 4408 мг/кг, на полигоне 2 – 3206 мг/кг.

На втором этапе также был проведен анализ трех проб на тяжелые металлы (Pb, Zn, Ni). Для анализа использовались пробы, отобранные из основания полигонов 1 и 2 и фоновая проба (рис. 4).

Сравнив полученный результат с фоном и ОДК [ГН 2.1.7.2511-09, 2018], получаем превышение ОДК и фона по Zn и Ni на обоих полигонах и превышение фонового значения по Pb на полигоне 2.

На полигоне 1 pH водной вытяжки по отобранным пробам изменяется от 5.77 до 7.26, на полигоне 2 – от 5.88 до 8.16. Фоновый pH равен 5.25. В объединенной пробе с поверхности основания полигона 1 значение pH составляет 6.53, в пробе с полигона 2 – 8.12.

Третий этап (2018 г.). Отмечено превышение ОДК по Ni (максимально до 3.5 раза), Cu (до 4 раз), Zn (до 5.2 раза) во всех пробах. Превышение по Pb (максимально до 1.8 раза) обнаружено в двух пробах на обоих полигонах, отобранных в июне, и по As (до 1.7 раза) в одной пробе на полигоне 1 за август и в обеих пробах на полигоне 2

Таблица 1. Содержание микроэлементов в пробах (третий этап) с поверхности снеговой массы, складированной на полигонах

Проба	Содержание, мг/кг					
	Ni	Cu	Zn	Pb	As	V
Полигон 1	51.99	131.60	283.4	57.95	1.90	134.04
	42.45	58.41	179.0	24.24	3.42	100.24
Полигон 2	62.63	86.07	251.0	33.43	2.11	132.18
	69.02	61.72	183.1	29.11	3.02	140.48
Фон	24.91	48.71	52.72	15.17	1.70	85.93
ОДК	20	33	55	32	2	150

Примечание. Числитель – июнь 2018 г., знаменатель – август 2018 г.

(табл. 1). Норма ОДК взята по [ГН 2.1.7.2511-09, 2018; СанПиН 42-128-4433-87, 2018]. Превышения ОДК по V не отмечено, однако во всех пробах содержание V выше фона. Выше фона также содержание Cr, Cd, Sb, Sn, Mo, Y, Sc. Наблюдается уменьшение концентраций Ni, Cu, Zn, Pb в августе по сравнению с июнем (см. табл. 1), что объясняется миграцией элементов в более глубокие почвенные горизонты с талыми и дождевыми водами.

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

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основной характеристикой геохимической антропогенной нагрузки, оказываемой на территорию, является ее интенсивность, которая определяется степенью накопления элемента-загрязнителя по сравнению с фоновым значением. Показателем уровня аномальности содержания элементов является коэффициент концентрации (КК) [Ревич и др., 1982; Сает и др., 1990], который рассчитывается как отношение содержания элемента в среде (С) к его фоновому содержанию (C_{ϕ}) [МУ 2.1.7.730-99, 2018]:

$$KK = \frac{C}{C_{\phi}}.$$

Поскольку антропогенные аномалии чаще всего имеют полиэлементный состав [Филимонова и др., 2015; Просекин, Филимонова, 2017], для них рассчитывается суммарный показатель загрязнения (Z_c), характеризующий эффект воздействия группы элементов [СанПиН 4266-87, 2018]:

$$Z_c = \sum KK - (n - 1),$$

где n – число учитываемых элементов с $KK > 1$.

Проведен расчет Z_c по четырем элементам-загрязнителям, анализируемым по второму этапу работ, для всех проб, кроме отобранных с основания полигона и фоновой пробы. В табл. 2 представлены полученные данные в порядке убывания. Этот ряд характеризует аномальность содержания химических элементов: чем выше значение Z_c , тем больше загрязнение в точке отбора пробы (см. рис. 2). Этот показатель позволяет судить о направлении миграции элементов.

По полигону 1 предположение о том, что основным направлением миграции загрязнителей является маршрут вдоль отводящей канавы, подтвердилось. Согласно полученным данным, показатель загрязнения Z_c уменьшается от тела полигона к кювету автодороги, куда сбрасывается талая вода. Максимальное значение Z_c рассчитано для пробы № 14 ($Z_c = 20.0$), место отбора которой расположено в начале канавы (см. рис. 2, а). Проследить изменение показателя загрязнения далее не представляется возможным из-за автодороги и застройки территории, расположенной за ней.

На полигоне 2 основным путем миграции загрязняющих веществ является направление на точки 6 и 7 (см. рис. 2), совпадающее с общим наклоном местности. Максимальное значение показателя загрязнения зафиксировано в пробе № 6 ($Z_c = 8.9$).

Для пробы № 4 нельзя было рассчитать Z_c , так как превышение фоновых характеристик было обнаружено только по Na^+ , в пробе № 5 зафиксировано минимальное значение для полигона 1 ($Z_c = 2.7$). Возможной причиной полученных для проб № 4 и 5 результатов является близость их места отбора к безымянному ручью, воды которого могут частично вымывать загрязнение из почвы.

Проблему снежных полигонов нельзя рассматривать как сезонную. Наблюдения показывают, что складированные на полигоне снежные массы могут не стоять за теплый сезон [Gensirovsky et al., 2013], следовательно, сброс загрязняющих веществ происходит не только во время максимального снеготаяния (конец марта–апрель), но и в процессе постепенного таяния в течение всего периода существования полигонов.

ВЫВОДЫ

Снежные полигоны представляют собой источники негативного воздействия на окружающую природную среду. Проведенные работы показали, что в результате таяния снега на полигонах происходит накопление загрязняющих веществ в почвогрунтах в концентрациях выше фона и ОДК.

Таблица 2. Значения суммарного показателя загрязнения (Z_c) для двух полигонов

Номер пробы	Z_c	Номер пробы	Z_c
Полигон 1		Полигон 2	
14	20.0	1	5.3
15	14.8	8	4.9
16	12.4	10	4.2
13	2.1	2	3.7
Полигон 2		3	3.3
6	8.9	9	2.8
7	7.6	5	2.7

Обнаружено превышение ОДК в почвогрунтах (максимально зарегистрированная величина за все периоды отбора) по: Ni (до 3.5), As (до 4.8), V (до 1.1), Cu (до 4.0), Zn (до 5.2), Pb (до 1.8). Обнаружено превышение фоновой концентрации по Cl^- (максимально до 3 раз), SO_4^{2-} (до 5.5 раза), Na^+ (до 11 раз), Ca^{2+} (до 3.6 раза). Высокие концентрации вызваны использованием в пределах городской застройки реагентов. Снег, обработанный реагентами, не стает полностью и вывозится на снежные полигоны, где смешивается с необработанными снежными массами. В процессе таяния растворенные в воде реагенты от зимней уборки улиц проникают в грунты и почву, приводя к ее засолению. Такая же ситуация наблюдается в районах разработки месторождений (см., например, [Брюхань, Лебедев, 2012]).

При создании снежных полигонов в 2010 г. зона их воздействия ограничивалась площадью самих полигонов и для полигона 1 составляла 3.3 га, для полигона 2 – 6.0 га, в настоящее время установленная нами площадь воздействия для полигона 1 составляет 8.0 га, для полигона 2 – 50.0 га. В эту площадь входят территория самих полигонов, зоны загрязнения и заболоченная ими территория, определенная по результатам анализа химического состава грунта. Зона загрязнения увеличивается с каждым годом. Проведенные расчеты показывают, что наибольшее значение суммарного показателя загрязнения на полигоне 1 получены для пробы № 14 ($Z_c = 20$), на полигоне 2 для пробы № 6 ($Z_c = 8.9$). Основное направление миграции химических элементов от снежных полигонов совпадает с общим наклоном местности.

В зоне воздействия снежного полигона 1 находятся торгово-складские помещения, а также участок автодороги по проспекту Мира. Ожидаемое воздействие полигона 1 на эти объекты выражается в подтоплении их талыми водами и в просадках дорожного полотна. Подвал склада был затоплен в 2013 г., после чего для отвода талых вод была пройдена канава, вдоль которой впоследствии отбирались пробы грунта. В зону воздействия полигона 2 входит р. Сусуя, куда через

систему мелиоративных канав поступают загрязняющие вещества с полигона. Выявленные загрязнения в районе полигона 2 не позволяют в дальнейшем использовать данные территории по их целевому сельскохозяйственному назначению.

Снежные полигоны ухудшают общую экологическую и санитарную обстановку в г. Южно-Сахалинске. Искусственное создание многолетнемерзлых пород на участках, занятых снежными полигонами, приводит к развитию процессов заболачивания и избыточного обводнения. На поверхности полигонов в летний и осенний периоды активно развивается солифлюкция, затрагивающая всю поверхность снежных полигонов и представляющая собой как пластично-вязкое, так и жидкое течение грунтов. По периметру снежных полигонов, в местах залегания легких суглинков, отмечено морозное пучение и формирование в летний сезон ям проседания.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-35-00127).

Литература

- Брюхань Ф.Ф., Лебедев В.В.** Эколого-геохимическое состояние территории золотосеребряного месторождения "Клен" (Чукотский автономный округ) // Криосфера Земли, 2012, т. XVI, № 4, с. 10–20.
- ГН 2.1.7.2511-09.** Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. – URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/217651/ (дата обращения: 17.04.2018).
- ГОСТ Р 53123-2008** (ИСО 10381-5: 2005). Качество почвы. Отбор проб. Ч. 5. Руководство по изучению городских и промышленных участков на предмет загрязнения почвы. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200074384> (дата обращения: 09.10.2017).
- Лобкина В.А., Генсиоровский Ю.В., Ухова Н.Н.** Геоэкологические проблемы участков, занятых снежными полигонами в городах (на примере г. Южно-Сахалинск) // Геоэкология, 2016, № 6, с. 510–520.
- МУ 2.1.7.730-99.** Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003852> (дата обращения: 17.04.2018).
- Просекин С.Н., Филимонова Л.М.** Физико-химическая модель как способ геоэкологического прогноза и контроля состояния окружающей среды // Успехи соврем. науки и образования, 2017, № 2, с. 200–208.
- Ревич Б.А., Саэт Ю.Е., Смирнова Р.С. и др.** Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. М., ИМГРЭ, 1982, 112 с.
- Саэт Ю.Е.** Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. М., Недра, 1990, 335 с.
- СанПиН 42-128-4433-87.** Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. – URL: http://snipov.net/database/c_4294943489_doc_4293852447.html (дата обращения: 10.04.2018).
- СанПиН 4266-87.** Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. – URL: http://snipov.net/database/c_4294956131_doc_4293852444.html (дата обращения: 09.04.2018).
- Тентюков М.П.** Особенности формирования загрязнения снежного покрова: морозное конденсирование техногенных эмиссий (на примере районов нефтедобычи в Большеземельской тундре) // Криосфера Земли, 2007, т. XI, № 4, с. 31–41.
- Федеральный закон** "Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации" от 06.10.2003 № 131-ФЗ. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571 (дата обращения: 05.06.2018).
- Филимонова Л.М., Паршин А.В., Бычинский В.А.** Оценка загрязнения атмосферы в районе алюминиевого производства методом геохимической съемки снежного покрова // Метеорология и гидрология, 2015, № 10, с. 75–84.
- Gensiorovsky Y.V., Ukhova N.N., Lobkina V.A.** Geotechnical and ecological aspects of locating snow fields on the urbanized territory (Yuzhno-Sakhalinsk) // Intern. Snow Sci. Workshop 2013 (Grenoble, France, Oct. 7–11, 2013), Grenoble, 2013, p. 1181–1184.

References

- Bryukhan F.F., Lebedev V.V. Ecological and geochemical state of the territory of the gold-silver deposit "Klyon" (Chukot autonomous area). Kriosfera Zemli [Earth's Cryosphere], 2012, vol. XVI, No. 4, p. 10–20 (in Russian).
- State Norms. Working Document GN 2.1.7.2511-09. Approximate permissible concentrations (APC) of chemical elements in soils. – URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/217651/ (submittal date: 17.04.2018).
- State Standard. Working Document GOST R 53123-2008 (ISO 10381-5: 2005). Quality of soils. Sampling. Part 5. Guidelines for analyzing urban and industrial sites for soil contamination. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200074384> (submittal date: 09.10.2017).
- Lobkina V.A., Gensiorovsky Y.V., Ukhova N.N. Environmental problems of snow disposal sites in urban areas: Case study of Yuzhno-Sakhalinsk. Geokologiya, Inzhenernaya Geologiya, Gidrogeologiya, Geokriologiya [Environmental Geoscience], 2016, No. 6, p. 510–520 (in Russian).
- Methodological Guidelines. Working Document MU 2.1.7.730-99. Sanitary assessment of soil in urban areas. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003852> (submittal date: 17.04.2018).
- Prosekin S.N., Filimonova L.M. Physicochemical modeling for goenvironment prediction and monitoring. Uspekhi Sovremennoi Nauki i Obrazovaniya [Progress in Modern Science and Education], 2017, No. 2, p. 200–208 (in Russian).
- Revich B.A., Saet Yu.E., Smirnova R.S. et al. Metodicheskie rekomendatsii po geokhimicheskoi otsenke zagryazneniya territorii gorodov khimicheskimi elementami [Guidelines for Geochemical Assessment of Chemical Pollution in Urban Areas]. Moscow, IMGRE, 1982, 112 p. (in Russian).
- Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. et al. Geokhimiya okruzhayushhei sredy [Environmental Geochemistry]. Moscow, Nedra, 1990, 335 p. (in Russian).
- Sanitary Norms and Regulations. Working Document SanPiN 42-128-4433-87. Sanitary norms for the permissible concentrations of chemicals in soils. – URL: http://snipov.net/database/c_4294943489_doc_4293852447.html (submittal date: 10.04.2018).

Sanitary Norms and Regulations. Working Document SanPiN 4266-87. Guidelines for assessment of the risk of chemical contamination in soils. – URL: http://snipov.net/database/c_4294956131_doc_4293852444.html (submittal date: 09.04.2018).

Tentyukov M.P. Features of the snow cover pollution formation: frosty condensation of man-caused emission (by the example of petroleum production regions in Bol'shezemel'skaya tundra). Kriosfera Zemli [Earth's Cryosphere], 2007, vol. XI, No. 4, p. 31–41 (in Russian).

Federal Law. General principles of local self rule in the Russian Federation, 06.10.2003, No. 131-FL,

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571 (submittal date: 05.06.2018).

Filimonova L.M., Parshin A.V., Bychinskii V.A. Air pollution assessment in the area of aluminum production by snow geochemical survey. Russian Meteorology and Hydrology, 2015, vol. 40, No. 10, p. 691–698.

Gensiorovsky Y.V., Ukhova N.N., Lobkina V.A. Geotechnical and ecological aspects of locaing snow fields on the urbanized territory (Yuzhno-Sakhalinsk). In: Intern. Snow Sci. Workshop 2013 (Grenoble, France, Oct. 7–11, 2013), Grenoble, 2013, p. 1181–1184.

*Поступила в редакцию 23 апреля 2018 г.,
после доработки – 31 января 2019 г.,
принята к публикации 12 февраля 2019 г.*