МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ В СНЕГОВОЙ ВОДЕ КОМПОНЕНТОВ ПРОТИВОГОЛОЛЁДНЫХ РЕАГЕНТОВ И ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ

О.Е. Дрябжинский, В.М. Зубкова, Т.Г. Пугачёва*

Российский Государственный Социальный Университет,
Россия, 129226, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, дом 4, стр. 1; *electric11234@gmail.com

Резюме. В статье приводятся данные по химическому составу снега, показателям техногенной нагрузки на участки в ЮЗАО города Москвы. В образцах снега анализировали такие показатели как содержание ионов хлора, калия, кальция, магния, натрия, цинка, свинца, меди, кадмия, хрома. Данные показатели представляют интерес, так как являются компонентами противогололёдных реагентов (ПГР) и способны оказывать негативное влияние на окружающую среду. В ходе исследования в условиях 2015-2016 года среднее содержание компонентов ПГР снизилось в среднем в 2 раза в районе ЮЗАО города Москвы, однако на всех точках зафиксировано значительное превышение содержания в снеговой воде рассматриваемых компонентов ПГР по сравнению с их содержанием на фоновом участке.

Ключевые слова. Снежный покров, токсичность, тяжёлые металлы, хлориды, урбоэкосистема, мониторинг снегового покрова.

ACB=HCF-B; 'C: 'H<9'7CBH9BH'C: '89!7-B; '
7CADCB9BHG`5B8'AC6=@': CFA'G'C: '<95JMA9H5 @G'
-B'GBCK`K5H9F

O.E. Dryabzhinsky, V.M. Zubkova, T.G. Pugacheva*

Russian State Social University,
4, building 1, Wilhelm Pik str., 129226, Moscow, Russia; *electric11234@gmail.com

Abstract. The article contains data on the chemical composition of the snow, the indicators of the technogenic load on the sites in the South-West Administrative District of Moscow. In the samples of snow, such indicators as the content of ions of chlorine, potassium, calcium, magnesium, sodium, zinc, lead, copper, cadmium, chromium were analyzed. These indicators are of interest because they are components of de-icing reagents (PGR) and are able to have a negative impact on the environment. In the course of the study in 2015-2016, the average content of PGR components decreased on average by a factor of 2 in the area of the South-West Administrative District of Moscow, but at all points there was a significant excess of the content of the PGR components in the snow water compared to their content in the background.

Keywords. Snow cover, toxicity, heavy metals, chlorides, urboecosystem, monitoring of snow cover.

Введение

Благополучное состояние городской среды является одним из важнейших факторов сохранения здоровья населения страны. Города представляют собой экосистемы, которые сформированы под влиянием природных и антропогенных факторов. Для поддержания комфортных условий проживания в городе, необходимо его бесперебойное функционирование в любых условиях. В Российских городах, учитывая суровость климата, существует необходимость в обработке участков урбоэкосистемы противогололёдными реагентами (ПГР). ПГР усугубляют сложную экологическую обстановку в городе, оказывая систематическое негативное воздействие на компоненты природной среды (Дрябжинский, Зубкова, 2017).

Известно, что снежный покров накапливает значительную часть атмосферных загрязнений, он является надёжным индикатором техногенной нагрузки на окружающую среду. Изучение снегового покрова позволяет составить картину пространственного распределения химических элементов и оценить интенсивность воздействия источников загрязнения в зимнее время как за период одного снегопада, так и за весь период лежания снега. При этом по результатам постоянного мониторинга снегового покрова можно выявить не только пространственно-временные закономерности распределения элементов, но и обнаружить новые очаги загрязнения, определить тенденцию в изменении качества окружающей среды (Василенко и др., 1985).

Противогололёдные реагенты – твёрдые или жидкие дорожно-эксплуатационные материалы (фрикционные, химические) или их смеси, применяемые для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и улицах (Воронцова, 2013).

В мировой и отечественной практике к актуальным задачам относится охрана окружающей среды и здоровье человека. В связи с этим проводятся научные исследования, ориентированные на разработку и совершенствование технологий по применению антигололедных реагентов (Русаков, Рахманин, 2004).

Самым распространенным способом борьбы с зимним гололедом на дорогах в настоящее время остается обработка дорожного покрытия химическими реагентами (Федорова, 2000). В основе существующих методов борьбы с обледенением дорог лежат мероприятия двух типов: 1) удаление с покрытия уже образовавшегося слоя льда или снега, 2) повышение коэффициента сцепления с покрытием (Подольский и др., 2000). В основном, борьба с зимней скользкостью ведется химическими и фрикционными методами. Первый метод предполагает полное таяние снежно-ледяных отложений, для этого распределяются химические противогололедные вещества. Во втором методе используются холодные или горячие материалы уменьшающие скользкость, которые, закрепляясь на поверхности снежно-ледяных отложений, временно повышают коэффициент сцепления колес автомобиля (Васильев, Сиденко, 1990).

В России противогололедные соли впервые стали использовать в 1966 году: к песку добавлялись хлориды натрия и кальция в количестве 2% по весу. До середины 60-х годов на территории нашей страны применение чистых

солей на дорогах почти не практиковалось. В зимний период использовались только фрикционные материалы в смеси с солью или без нее, что недостаточно увеличивало коэффициент сцепления (Николаева и др., 1998).

Первые нормативные инструкции (ВС 41-68) запрещали применение хлоридов на тех улицах, где снег складировался на открытый грунт под зеленые насаждения (Чудакова, 2006). В документе также специально оговаривалась необходимость полного ремонта дорожных покрытий перед употреблением солей, то есть учитывались интересы окружающей среды. В дальнейшем эти требования были упразднены.

В настоящее время, как показывает анализ данных литературных источников, практически не существует экологически чистых противогололёдных реагентов. Наиболее экологически опасным составляющим ПГР считается технический хлористый натрий или техническая соль, систематическое применение которого приводит к засолению почв, воздействует на почвенную микрофлору, вызывая её гибель, сокращение видового разнообразия, нарушая, таким образом, процесс почвенного дыхания (Воронцова, 2013). Так в Москве ПГР представлены преимущественно хлоридной группой – реагентами на основе хлоридов кальция, магния, натрия, калия, а также их смесями в различных сочетаниях, при этом, как правило, на долю технической поваренной соли приходится не менее чем 93% (Никифорова и др., 2014).

Однако токсичность противогололёдных реагентов в основном проявляется при их ненормированном распределении, которое в свою очередь в связи с рядом показателей (резкие перемены климата, толщина ледяного слоя, «кусковой разброс»), проявляется в большинстве городов России (Воронцова, 2013).

Вследствие активной производственно-бытовой деятельности населения в городах образуются техногенные потоки вещества, приводящие к загрязнению территории. Загрязнение окружающей среды может быть вызвано как неорганическими, так и органическими токсикантами. В группе неорганических токсикантов особое место занимают тяжелые металлы (ТМ), которые в списке приоритетности загрязняющих веществ занимают одну из ведущих позиций (Воронцова, 2013).

Наибольшую опасность для населения городов представляют ксенобиотики техногенного происхождения, имеющие высокую токсичность. Суперэкоотоксиканты опасны не только для настоящего поколения, но и для будущего поколения, так как способны накапливаться в живых организмах, передаваться по трофическим цепям (Дрябжинский и др., 2017а).

Наличие тяжелых металлов в организме человека вызывает разнообразные болезненные синдромы и провоцирует ряд сложных заболеваний. Кроме того, действие химических веществ нередко проявляется на фоне уже существующих заболеваний, провоцируя их обострение или способствуя развитию патологии той системы, где уже имелись предпатологические изменения. (Трофимов, Зилинг, 2002).

Как было отмечено выше, ПГР в больших количествах оказывают негативное влияние на окружающую среду, также компоненты ПГР ухудшают состояние человека. Целью данного исследования является определение

экологической нагрузки на городскую территорию в условиях применения ПГР на примере ЮЗАО города Москвы.

Методы и материалы

Исследования проводили в условиях 2015, 2016, 2017 гг. в период наибольшего накопления общего запаса воды в снеговом покрове на участках, расположенных на территории ЮЗАО города Москвы, координаты которых представлены в табл. 1.

Таблица 1. Места отбора проб снега в ЮЗАО в 2015-2016 гг.

Номер участка	Адрес	Координаты участка *
1	ЮЗАО, пр-т 60-летия Октября, в районе дома № 19, к. 1	ш. 55.694276 д. 37.577074
	ЮЗАО, Ленинский проспект, д. 32, озеленённый з.уч.	ш. 55.708987 д. 37.580102
2	ЮЗАО, ул. Дмитрия Ульянова, д. 4 к. 1	ш. 55.692827 д. 37.558607
	ЮЗАО, Ленинский проспект, д. 43, озеленённый з.уч.	ш. 55.704682 д. 37.576629
3	ЮЗАО, ул. Вавилова, в районе дома № 48	ш. 55.690403 д. 37.559437
	ЮЗАО, Ленинский проспект, д. 62, озеленённый з.уч.	ш. 55.694145 д. 37.554247
4	ЮЗАО, ул. Кржижановского (от ул. Вавилова до Б. Черёмушкинской ул.	ш. 55.678127 д. 37.575117
	ЮЗАО, Ломоносовский проспект, д. 14, озеленённый з.уч.	ш. 55.690939 д. 37.542776
5	ЮЗАО, ул. Каховка, в районе д. 21 к. 1	ш. 55.654265 д. 37.576895
	ЮЗАО, Ленинский проспект, д. 66, озеленённый з.уч.	ш. 55.690315 д. 37.548099
6	ЮЗАО, ул. Каховка, д. 6 к. 2	ш. 55.652482 д. 37.584739
	ЮЗАО, ул. Академика Пилюгина, д. 26 к. 1, озеленённый з.уч.	ш. 55.672022 д. 37.530163
7	ЮЗАО, Севастопольский пр-т, от границы ЮАО с ЮЗАО до Балаклавского пр-та	ш. 55.648825 д. 37.564289
	ЮЗАО, ул. Бартеневская, д. 29, озеленённый з.уч.	ш. 55.549117 д. 37.528601
8	ЮЗАО, ул. Генерала Тюленева, в районе дома № 5, к. 1	ш. 55.624872 д. 37.486805
	ЮЗАО, ул. Адмирала Ушакова, д. 5, озеленённый з.уч.	ш. 55.546757 д. 37.553186
9	ЮЗАО, ул. Академика Глушко, в районе дома № 12	ш. 55.565300 д. 37.565499
	ЮЗАО, ул. Бартеневская, д. 61, озеленённый з.уч.	ш. 55.545198 д. 37.516574
10	ЮЗАО, ул. Коктебельская, в районе дома № 8	ш. 55.564415 д. 37.584599
	ЮЗАО, ул. Академика Понтрягина, д. 11, озеленённый з.уч.	ш. 55.534620 д. 37.501289
11	ЮЗАО, ул. Новобутовская, в районе пересечения с ул. Грина	ш. 55.560480 д. 37.588770
12	ЮЗАО, ул. Новобутовская, в районе дома № 1	ш. 55.553585 д. 37.563917
13	ЮЗАО, ул. Горчакова, в районе дома № 7	ш. 55.544846 д. 37.528954

Примечание. *Верхняя строка – 2016 г., нижняя – 2015 г.

Для отбора проб применяли пластиковые трубы, затем образцы помещали в сейф-пакеты, которые пронумеровывали. Пробы отбирали путем объединения серии точечных проб, взятых на участках, резко не отличающихся лучшим или худшим состоянием общей массы снега при первичном визуальном осмотре, по пространственному принципу, равномерно через равные интервалы.

Этап предварительной обработки проб заключался в растапливании снега при комнатной температуре с последующим разделением его на жидкую и твёрдую фазы путём фильтрования. В данном исследовании анализировалась жидкая фаза. До фильтрации пробы снега сохраняли в замороженном состоянии. Анализ талой воды осуществлялся в соответствии с методиками ПНД Ф 14.1:2.4.140-98, ПНД Ф 14.1:2.4.139-98, ПНД Ф 14.1:2.96-97, ПНД Ф 14.1:2.4.95-97, ПНД Ф 14.1:2.4.138-98.

В образцах снега анализировали такие показатели как содержание ионов хлора, калия, кальция, магния, натрия. Так же в условиях 2017 года в снеговой воде анализировали содержание цинка, свинца, меди, кадмия, хрома (рис. 2-7). Данные показатели представляют интерес, так как являются основными компонентами ПГР и способны оказывать негативное влияние на окружающую среду. Пробы отбирали на участках различно удалённых от автомобильной дороги (зона 1 – наиболее удалена от дороги (более 15 метров), зона 3 – наиболее приближена к дороге (5 метров)).

В качестве фоновых нами выбраны участки с наименьшим содержанием исследуемых элементов в снеговой воде. Это позволило вычислить коэффициент концентрации загрязняющих веществ на анализируемой территории.

Как показали результаты исследований, содержание элементов в зависимости от мест отбора снега существенно варьировало, что обусловлено как интенсивностью применяемых ПГР, так и неравномерностью их внесения (табл. 2-6) (Дрябжинский и др., 2017b).

В соответствии с рекомендациями по оценке уровня загрязнения снежного покрова, результаты анализа проб снега интерпретированы нами путём сравнения с фоновым показателями, с определением поэлементных K_c (коэффициент концентрации) и суммарных Z_c показателей (суммарный коэффициент концентрации) (рис. 1) (Дмитренко и др., 2014).

Результаты

В целом, рассматривая средние содержания изучаемых элементов ПГР в верхнем слое снегового покрова, можно констатировать высокий уровень загрязнения снеговой воды особенно на участках наиболее приближённых к дороге (рис. 2-6).

В условиях 2015 года из десяти обследованных участков девять относились к категории с чрезвычайно опасным уровнем загрязнения ($Z_c > 256$) и один – к опасному уровню ($Z_c = 226$). Участков характеризующихся допустимым и умеренно опасным уровнем загрязнения не отмечено (Дрябжинский и др., 2017b).

В условиях 2016 года из 13 обследованных участков на двух обнаружен допустимый уровень загрязнения, на одном – умеренно опасный, на двух –

опасный и на восьми – чрезвычайно опасный уровень загрязнения. При этом необходимо отметить, что на пяти участках суммарные коэффициенты загрязнения составляли 1236-3743 (Дрябжинский и др., 2017b).

Рисунок 1. Оценка состояния снежного покрова ЮЗАО г. Москвы 2015-2016 гг.

Таблица 2. Содержание хлора в снеговой воде при внесении ПГР

№ участка	2015			2016		
	Зоны, мг дм ⁻³			Зоны, мг дм ⁻³		
1	25,6 ±1,89	839 ±46,57	1670 ±112,96	10 ±0,44	276 ±12,21	542 ±25,21
2	32,3 ±0,78	130 ±6,99	1200 ±87,02	10 ±0,38	10 ±0,29	32 ±1,28
3	15,8 ±0,59	96 ±7,37	1570 ±122,58	10 ±0,27	250 ±9,67	1440 ±81,09
4	20,6 ±1,83	466 ±19,98	831 ±58,59	10 ±0,45	201 ±15,98	230 ±16,46
5	37 ±3,57	239 ±20,39	783 ±47,47	10 ±0,36	1460 ±83,26	6110 ±55,99
6	17,5 ±0,63	764 ±65,49	1180 ±43,69	10 ±0,32	38,1 ±3,57	342 ±6,01
7	72 ±3,39	786 ±29,48	3590 ±219,75	10 ±0,74	177 ±8,84	470 ±9,17
8	10 ±0,28	952 ±38,78	1840 ±45,96	10 ±0,46	10 ±0,92	16,3 ±1,02
9	10 ±0,76	156 ±15,04	777 ±58,66	11,2 ±0,76	903 ±46,71	8940 ±504,85
10	58 ±4,99	1140 ±91,28	8100 ±384,47	10 ±0,43	152 ±3,88	214 ±6,59
11				10 ±0,81	48,6 ±1,44	167 ±9,89
12				10 ±0,24	49,1 ±0,69	3160 ±140,72
13				10 ±0,67	1950 ±82,80	3670 ±231,29

Рисунок 2. Содержание хлора в снеговой воде при внесении ПГР

Таблица 3. Содержание калия в снеговой воде при внесении ПГР

№ участка	2015			2016		
	Зоны, мг дм ⁻³			Зоны, мг дм ⁻³		
1	2,98 ±0,11	7,02 ±0,54	15,9 ±1,24	0,656 ±0,03	1,82 ±0,08	4,01 ±0,19
2	1,99 ±0,15	2,01 ±0,11	16,7 ±0,13	0,257 ±0,01	0,377 ±0,04	0,483 ±0,03
3	0,775 ±0,02	1,23 ±0,07	12,6 ±0,91	0,302 ±0,02	1,59 ±0,07	13,6 ±0,86
4	0,699 ±0,05	4,36 ±0,42	5,25 ±0,39	0,179 ±0,01	0,964 ±0,03	1,08 ±0,03
5	1,07 ±0,04	3,39 ±0,29	12,5 ±0,46	0,12 ±0,01	2,86 ±0,15	28,9 ±1,63
6	0,487 ±0,04	6,11 ±0,26	10,7 ±0,75	0,299 ±0,01	1,39 ±0,11	2,13 ±0,15
7	0,361 ±0,01	4,19 ±0,17	24,1 ±0,60	0,081 ±0,01	1,48 ±0,07	3,25 ±0,06
8	0,258 ±0,01	5,24 ±0,20	24,5 ±1,50	0,234 ±0,02	0,584 ±0,02	0,686 ±0,04
9	0,177 ±0,02	0,998 ±0,09	5,94 ±0,36	0,303 ±0,01	4,62 ±0,27	24,8 ±0,23
10	0,436 ±0,04	6,39 ±0,51	41,2 ±2	0,182 ±0,01	1,08 ±0,10	1,18 ±0,02
11				0,114 ±0,004	0,424 ±0,01	0,676 ±0,03
12				0,163 ±0,004	0,536 ±0,008	12,8 ±0,57
13				0,285 ±0,01	7,2 ±0,28	8,6 ±0,49

Рисунок 3. Содержание калия в снеговой воде при внесении ПГР

Даже на участках наиболее удалённых от дороги во многих вариантах превышено фоновое содержание хлора, калия, кальция, магния и натрия. Так, содержание хлора на наименее загрязнённых участках составило 15,8-72 мг дм⁻³ и превышало его фоновое значение в условиях 2015 года в 1,6-7,2; калия – в 1,5-16,8; кальция – в 1,1-3,5; магния – в 1,1-3,1; натрия – в 1,5-5,4 раза. В условиях 2016 года на более удалённых от дороги участках отмечено меньшее содержание загрязнителей (Дрябжинский и др., 2017b).

На участках наиболее приближенных к дороге как в условиях 2015, так и 2016 гг. отмечена концентрация, достигающая соответственно по хлору – 8100 и 8940; кальцию – 990 и 664; натрию – 6000 и 4610 мг дм⁻³, что не только превышает фоновые значения, но и ПДК для воды в 23 и 26 раз (ПДК_{к-б} = 350 мг дм⁻³), кальция в 5,5 и 3,7 (ПДК_{р-х} = 180 мг дм⁻³), натрия в 30 и 23 раза (ПДК_{к-б} = 200 мг дм⁻³) соответственно (Предельно-допустимые концентрации веществ...; Гигиенические нормативы..., 2003; Дрябжинский и др., 2017b).

Таблица 4. Содержание кальция в снеговой воде при внесении ПГР

№ участка	2015			2016		
	Зоны, мг дм ⁻³			Зоны, мг дм ⁻³		
1	17,3 ±0,49	143 ±5,83	340 ±8,49	1,1 ±0,05	33,9 ±1,49	115 ±5,35
2	17,6 ±1,30	39,2 ±2,18	261 ±17,65	2,05 ±0,08	2,36 ±0,07	5,73 ±0,23
3	10 ±0,37	47,2 ±3,62	257 ±20,07	0,863 ±0,02	34,3 ±1,33	243 ±13,69
4	12,7 ±0,96	60,4 ±5,83	83,7 ±6,32	0,659 ±0,05	14,9 ±0,44	30,5 ±1,81
5	15 ±1,45	38,7 ±3,30	95,7 ±5,80	1,52 ±0,06	72,7 ±4,15	463 ±4,24
6	9,4 ±0,34	129 ±11,06	211 ±7,81	1,12 ±0,05	35,2 ±2,79	78,3 ±3,61
7	18,8 ±0,89	152 ±5,70	501 ±30,67	1,39 ±0,10	26,4 ±1,32	92,8 ±1,81
8	5,48 ±0,13	134 ±7,21	220 ±15,95	0,635 ±0,03	2,22 ±0,20	5,58 ±0,35
9	6,26 ±0,56	38,9 ±1,67	138 ±9,73	2,93 ±0,19	97,9 ±5,06	664 ±37,49
10	18,9 ±1,63	193 ±15,45	990 ±46,99	1,61 ±0,05	30,1 ±2,82	39,5 ±0,69
11				1,17 ±0,05	13,2 ±0,34	33,4 ±1,03
12				1,16 ±0,03	12,2 ±0,17	252 ±11,22
13				1,07 ±0,07	168 ±7,13	280 ±17,65

Рисунок 4. Содержание кальция в снеговой воде при внесении ПГР

Таблица 5. Содержание магния в снеговой воде при внесении ПГР

№ участка	2015			2016		
	Зоны, мг дм ⁻³			Зоны, мг дм ⁻³		
1	2,42 ±0,11	4,37 ±0,16	6,17 ±0,38	0,246 ±0,01	2,5 ±0,19	2,76 ±0,19
2	2,03 ±0,18	3,21 ±0,26	6,18 ±0,29	0,374 ±0,02	0,555 ±0,05	0,738 ±0,05
3	1,96 ±0,06	3 ±0,12	6,13 ±0,15	0,161 ±0,004	2,1 ±0,03	3,3 ±0,15
4	2,41 ±0,09	3,34 ±0,29	3,52 ±0,13	0,166 ±0,01	1,67 ±0,05	1,88 ±0,11
5	1,91 ±0,05	3,44 ±0,19	4,57 ±0,33	0,204 ±0,02	1,53 ±0,08	2,78 ±0,05
6	1,33 ±0,09	5,25 ±0,29	5,57 ±0,38	0,194 ±0,01	3,04 ±0,01	3,07 ±0,17
7	1,25 ±0,12	2,38 ±0,20	3,18 ±0,19	0,265 ±0,02	2,1 ±0,09	3,63 ±0,23
8	0,856 ±0,08	2,41 ±0,10	3,29 ±0,23	0,148 ±0,01	0,297 ±0,01	0,876 ±0,04
9	0,78 ±0,06	1,64 ±0,16	2,59 ±0,19	0,413 ±0,03	2,4 ±0,12	4,24 ±0,24
10	1,5 ±0,06	2,61 ±0,20	5,08 ±0,39	0,303 ±0,01	1,66 ±0,04	1,91 ±0,06
11				0,149 ±0,01	1,2 ±0,11	2,42 ±0,04
12				0,186 ±0,01	1,60 ±0,09	4,04 ±0,04
13				0,261 ±0,01	1,96 ±0,09	2,87 ±0,13

Рисунок 5. Содержание магния в снеговой воде при внесении ПГР

Таблица 6. Содержание натрия в снеговой воде при внесении ПГР

№ участка	2015			2016		
	Зоны, мг дм ⁻³			Зоны, мг дм ⁻³		
1	17,7 ±0,50	925 ±37,68	2400 ±59,95	6,44 ±0,28	151 ±6,68	546 ±25,39
2	23,6 ±0,57	135 ±7,26	1480 ±107,33	5,65 ±0,21	8,24 ±0,24	23,6 ±0,94
3	12,4 ±0,92	94,4 ±5,24	2250 ±152,19	6,5 ±0,16	239 ±3,39	1640 ±73,03
4	19,3 ±1,86	489 ±41,71	1030 ±62,44	4,11 ±0,13	105 ±9,83	140 ±2,46
5	34,7 ±3,09	279 ±11,95	1110 ±78,26	3,13 ±0,11	631 ±35,98	3620 ±33,18
6	10,1 ±0,37	829 ±71,06	1460 ±54,06	7,22 ±0,33	108 ±8,59	237 ±16,97
7	35,7 ±1,68	580 ±21,76	3530 ±216,08	4,64 ±0,34	108 ±5,39	340 ±6,64
8	12 ±0,45	953 ±73,13	2210 ±172,55	3,48 ±0,16	8,74 ±0,80	13,6 ±0,85
9	6,65 ±0,50	98,4 ±9,49	601 ±45,38	9,52 ±0,65	602 ±31,14	4610 ±260,33
10	31 ±2,67	90,5 ±7,25	6000 ±284,79	6,27 ±0,27	85,9 ±2,19	122 ±3,76
11				4,44 ±0,36	28,1 ±0,83	77,4 ±4,58
12				3,51 ±0,09	32,6 ±1,26	1360 ±76,58
13				3,68 ±0,25	1170 ±49,68	2120 ±133,61

Рисунок 6. Содержание натрия в снеговой воде при внесении ПГР

В условиях 2017 года в снеговой воде анализировали содержание тяжёлых металлов. Полученные результаты представлены на рис. 7. На исследованных участках наибольшее поступление свинца, меди, кадмия и хрома наблюдается

по адресу ул. Академика Глушко, д. 12. На участке ул. Генерала Тюленева зафиксировано содержание цинка в размере 0.042 мг дм^{-3} , что более чем в 4 раза превышает фоновый показатель (Дрябжинский, Зубкова, 2017).

Рисунок 7. Содержание тяжёлых металлов в снеговой воде.

Дискуссия

Согласно докладу Мосэкомониторинга о состоянии окружающей среды в городе Москве наблюдается положительная динамика по снижению содержания в снеговой воде хлорид-иона и натрия. В сравнении с зимним сезоном 2013-2014 гг. в целом по городу доля проб снега с превышениями установленных нормативов по содержанию хлорид-иона и натрия снизилась в лотковой части дороги в 2 раза по обоим компонентам, в 5 м от дороги – в 3.4 и 3.3 раза соответственно, в 15 м от дороги – в 4.5 и 3.2 раза соответственно (Доклад «О состоянии ..., 2016).

Принимая во внимание полученные в ходе исследования данные, можно утверждать, что положительная динамика также наблюдается в условиях 2015-2016 годов, в районе ЮЗАО города Москвы. Содержание хлора и натрия снизилось в 5 метрах от дороги в 1.1 и 1.9 раз, в 15 метрах от дороги – в 1.3 и 1.7 раз соответственно (табл. 7).

Таблица 7. Среднее содержание компонентов ПГР в снеговой воде

среднее содержание, мг/дм ³	более 15 м	15м от дороги	5м от дороги	более 15 м	15м от дороги	5м от дороги
	2015 год	2015 год	2015 год	2016 год	2016 год	2016 год
хлор	29,9	556,8	2154,1	10,1	424,9	1948,7
кальций	0,9	4,1	16,9	0,2	1,9	7,9
кальций	13,1	97,5	309,7	1,3	41,8	177,1
магний	1,7	3,2	4,6	0,2	1,7	2,7
натрий	20,3	447,3	2207,1	5,3	252,1	1142,3

Таким образом, в условиях 2015-2016 гг. среднее содержание компонентов ПГР снизилось в среднем в 2 раза в районе ЮЗАО города Москвы. Однако необходимо отметить, что, несмотря на положительную динамику, в условиях 2015 года зафиксировано девять участков с чрезвычайно опасным уровнем загрязнения, в условиях 2016 года – восемь участков.

При применении ПГР на территориях прилегающих непосредственно к месту их внесения создаётся чрезвычайно опасная ситуация, особенно по загрязнению снеговой воды хлором, кальцием, натрием, что может вызвать загрязнение сопредельных сред – почвы и грунтовой воды (Дрябжинский и др., 2017b).

Список литературы

Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. 1985. Мониторинг засоления снежного покрова. – Л., Гидрометеиздат, 182 с.

Васильев А.П., Сиденко В.М. 1990. Эксплуатация дорог и организация дорожного движения. – Учебник для вузов /под ред. А.П. Васильева. – М., 304 с.

Воронцова А.В. 2013. Особенности поведения поллютантов в снеговом покрове Санкт-Петербурга и их влияние на городскую среду. – Дис. ...канд. геогр. наук. – Санкт-Петербург, 119 с.

Дмитренко В.П., Сотникова Е.В., Черняев А.В. 2014. Экологический мониторинг техносферы. – Учебное пособие, 2-е изд. – СПб., Издательство «Лань», 368 с.

Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2015 году». 2016. – Правительство Москвы, Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. – Москва, 269 с.

Дрябжинский О.Е., Зубкова В.М. 2017. Анализ загрязнения снежного покрова ЮЗАО города Москвы при применении противогололёдных реагентов (ПГР). – Современные тенденции развития науки и технологий. – Белгород, Агентство перспективных научных исследований, № 3-1, с. 60-63.

Дрябжинский О.Е., Зубкова В.М., Пугачёва Т.Г. 2017а. Содержание суперэтоксикантов (свинца и кадмия) в снеговом покрове. – Инновационная наука, № 04-4/2017, с. 35-37.

Дрябжинский О.Е., Зубкова В.М., Пугачёва Т.Г., Гапоненко А.В. 2017b. Оценка уровня загрязнения снежного покрова города Москвы при применении противогололёдных реагентов (ПГР). – Экологические системы и приборы, № 1, 56 с.

Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Власов Д.В. 2014. Мониторинг засоления снега и почв восточного округа Москвы противогололёдными смесями. – Фундаментальные исследования, № 11, с. 340-347.

Николаева Л.Ф., Оцхели О.В., Поршнева Е.Б., Флорова Н.Б. 1998. Противогололёдные реагенты и их влияние на природную среду. – М., Диалог МГУ, 123 с.

Подольский В.П., Самодурова Т.В., Федорова Г.В. 2000. Экологические аспекты зимнего содержания дорог. – Воронеж, 152 с.

Предельно-допустимые концентрации веществ в водных объектах. – Правительство Москвы Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, ГПБУ «Мосэкомониторинг». – Электронный ресурс. URL: <http://www.mosecom.ru/water/pdk/>

Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03. 2003. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – Электронный ресурс. URL: <http://www.Dioxin.ru/doc/gn2.1.5.1315-03.htm>.

Русаков Н.В., Рахманин Ю.А. 2004. Отходы, окружающая среда, человек. – М., Медицина, 231 с.

Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. 2002. Экологическая геология. М., ЗАО «Геоинформмарк», 415 с.

Федорова Ю.В. 2000. Расходы хлоридов при различных схемах организации работ по зимнему содержанию автодорог. – Дорожная экология XXI века. Труды международного научно-практического симпозиума 15-16 декабря 1999 г. – Воронеж, с. 317-323.

Чудакова С.Б. 2006. Токсиколого-гигиеническая оценка степени опасности антигололёдных реагентов. – Дис. ... канд. мед. наук – Москва, 202 с.

References

Vasilenko V.N., Nazarov I.M., Fridman Sh.B. 1985. *Monitoring zasoleniia snezhnogo pokrova* [Monitoring of salinity of the snow cover]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 182 p.

Vasil'ev A.P., Sidenko V.M. 1990. *Ekspluatatsiia dorog i organizatsiia dorozhnogo dvizheniia* [Road operation and traffic management]. Moscow, 304 p.

Vorontsova A.V. 2013. *Osobennosti povedeniia polliutantov v snegovom pokrove Sankt-Peterburga i ikh vliianie na gorodskuiu sredu* [Peculiarities of the behavior of pollutants in the snow cover of St. Petersburg and their influence on the urban environment]. Candidate's thesis. St. Petersburg, 119 p.

Dmitrenko V.P., Sotnikova E.V., Cherniaev A.V. 2014. *Ekologicheskii monitoring tekhnosfery* [Environmental monitoring of the technosphere]. St. Petersburg, Publishing house "Lan", 368 p.

Doklad «O sostoianii okruzhaiushchei sredy v gorode Moskve v 2015 godu», Pravitel'stvo Moskvy, Departament prirodoopol'zovaniia i okhrany okruzhaiushchei sredy goroda Moskvy [Report on the state of the environment in the city of Moscow in 2015, the Moscow Government, the Department of Nature Management and Environmental Protection of Moscow]. 2016. Moscow, 269 p.

Driabzhinskii O.E., Zubkova V.M. 2017. Analiz zagriazneniia snezhnogo pokrova IuZAO goroda Moskvy pri primenenii protivogolelednykh reagentov (PGR) [Analysis of snow cover contamination in the South-Western Administrative District of Moscow using anti-ice reagents (PGR)] *Sovremennye tendentsii razvitiia nauki i tekhnologii* [Current trends in the development of science and technology]. Belgorod, Agency for Advanced Scientific Research Publ., no. 3-1, pp. 60-63.

Driabzhinskii O.E., Zubkova V.M., Pugacheva T.G. 2017a. Soderzhanie superekotoksikantov (svintsa i kadmiia) v snegovom pokrove [The content of superecotoxicants (lead and cadmium) in the snow cover]. *Innovatsionnaia nauka – Innovative Science*, no. 04-4/2017, pp. 35-37.

Driabzhinskii O.E., Zubkova V.M., Pugacheva T.G., Gaponenko A.V. 2017b. Otsenka urovnia zagriazneniia snezhnogo pokrova goroda Moskvy pri primenenii protivogolelednykh reagentov (PGR) [Assessment of the level of pollution of the snow cover in the city of Moscow with the use of anti-ice reagents (PGR)]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological systems and devices], no. 1, 56 p.

Nikiforova E.M., Kosheleva N.E., Vlasov D.V. 2014. Monitoring zasoleniia snega i pochv vostochnogo okruga Moskvy protivogolelednymi smesiami [Monitoring of salinization of snow and soils in the eastern Moscow region by anti-ice mixtures]. *Fundamental'nye issledovaniia – Fundamental research*, no. 11, pp. 340-347.

Predel'no-dopustimye kontsentratsii veshchestv v vodnykh ob'ektakh [Maximum permissible concentrations of substances in water bodies]. Moscow City Government Department of Nature Management and Environmental Protection of Moscow City, GSPU "Mosecomonitoring". Available at: <http://www.mosecom.ru/water/pdk/>.

Gigienicheskie normativy GN 2.1.5.1315-03. [Hygienic standards of GN 2.1.5.1315-03]. 2003. Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh ob'ektov khoziaistvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniia [Maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in water of water objects of domestic and drinking water and cultural and domestic water use]. Available at: <http://www.Dioxin.ru/doc/gn2.1.5.1315-03.htm>

Rusakov N.V., Rakhmanin Iu.A. 2004. *Otkhody, okruzhaiushchaia sreda, chelovek* [Waste, environment, people]. Moscow, Medicine Publ., 231 p.

Trofimov V.T., Ziling D.G. 2002. *Ekologicheskaiia geologiia* [Ecological geology]. Moscow, «Geoinformmark» Publ., 415 p.

Fedorova Iu.V. 2000. Raskhody khloridov pri razlichnykh skhemakh organizatsii rabot po zimnemu soderzhaniuu avtodorog [Costs of chlorides for various schemes of organization of works on winter maintenance of highways]. *Dorozhnaia ekologiia XXI veka. Trudy mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo simpoziuma 15-16 dekabria 1999 g.* [Road ecology of the XXI century. Proceedings of the International Scientific and Practical Symposium December 15-16, 1999]. Voronezh, pp. 317-323.

Chudakova S.B. 2006. *Toksikologo-gigienicheskaiia otsenka stepeni opasnosti antigolodnykh reagentov* [Toxicological and hygienic assessment of the degree of danger of anti-ice reagents]. Candidate's thesis. Moscow, 202 p.

Статья поступила в редакцию: 28.04.2017 г.

После переработки: 02.06.2017 г.