

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2018

УДК 631.48

Малышева А.Г.¹, Шелепова О.В.^{1,2}, Водянова М.А.¹, Донерьян Л.Г.¹, Ушакова О.В.¹, Юдин С.М.¹

ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЁДНЫХ РЕАГЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КРУПНОГО МЕГАПОЛИСА (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА МОСКВЫ)

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 119121, Москва;

²Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва

Введение. Противогололёдные реагенты (ПГР) – одни из основных загрязнителей почвенного покрова крупных мегаполисов стран с холодным климатом. Их широкое использование влечёт за собой неблагоприятные экологические последствия для городской среды, связанные с засолением почв. Исследования по оценке эффективности и экологической безопасности применения ПГР и поиск наиболее безопасных и экологически безвредных реагентов и технологий, определение оптимальных условий их применения, представляются крайне актуальными.

Материал и методы. Исследования выполнены в Центральном и Юго-Восточном административном округах Москвы на почвах с разной степенью антропогенной нагрузки. На этих почвах определён состав легкорастворимых солей методами водной вытяжки и вытяжки из водонасыщенных почвенных паст. Рассчитан коэффициент накопления основных ионов в почвах, определены запасы ионов-загрязнителей в корнеобитаемом слое почв.

Результаты. В функциональных зонах города Москвы с разной антропогенной нагрузкой зафиксировано подщелачивание почв по сравнению с фоновыми, природными почвами на 1,4–2,3 единицы. Отмечено увеличение величины плотного остатка для городской среды, связанные с засолением почв. Исследования по оценке эффективности и экологической безопасности применения ПГР и поиск наиболее безопасных и экологически безвредных реагентов и технологий, определение оптимальных условий их применения, представляются крайне актуальными.

Заключение. Мониторинг антропогенного засоления городских почв обеспечивает выявление аномалий техногенных солей в почвенном покрове. Принимая во внимание потенциальную опасность многолетней аккумуляции солей в почвах, необходимо совершенствовать принципы оценки экологического риска опасности используемых ПГР на окружающую среду и здоровье населения.

Ключевые слова: антропогенное засоление; противогололёдные реагенты; городские почвы; легкорастворимые соли; экологическая опасность.

Для цитирования: Малышева А.Г., Шелепова О.В., Водянова М.А., Донерьян Л.Г., Ушакова О.В., Юдин С.М. Эколого-гигиенические проблемы применения противогололёдных реагентов в условиях крупного мегаполиса (на примере территории города Москвы). Гигиена и санитария. 2018; 97(11): 1032-37. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1032-37>

Для корреспонденции: Малышева Алла Георгиевна, доктор биол. наук, проф., рук. лаб. физико-химических исследований ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава РФ. E-mail: fizhim@sysin.ru

Malysheva A.G.¹, Shelepova O.V.^{1,2}, Vodyanova M.A.¹, Donerian L.G.¹, Ushakova O.V.¹, Yudin S.M.¹

ECOLOGICAL AND HYGIENIC PROBLEMS OF THE APPLICATION OF ANTI-ICING AGENTS IN A LARGE METROPOLIS (FOR EXAMPLE, THE TERRITORY OF MOSCOW)

¹Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation

²N.V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow, 127276, Russian Federation

Anti-icing reagents (AIR) are one of the main soil pollutions of large cities of countries with the cold climate. The salinization adversely affects the environment and urban health. The data on the content of readily soluble salts, the response of the medium, and a number of other indices of soils of Moscow's different functional areas are presented. Stocks of ion-pollutants in the root zone soil layers have been identified. The expansion of anomalies of salt reserves and enhancement of the salt process within individual functional areas was noted. The maximum pollution was observed in the soils of the transport zone (dissolved solids reached 0.19%), which corresponds to the average degree of

salinity. According to the prevailing ionic composition, most of the soils was found to belong to the sodium chloride class. Revealed growth of fine silt fraction (fine dust) during soil salinization was detected.

Key words: anthropogenic salinization; anti-icing agents; urban soils; easily soluble salts; an environmental hazard.

For citation: Malysheva A.G., Shelepova O.V., Vodyanova M.A., Donerian L. G., Ushakova O.V., Yudin S.M. Ecological and hygienic problems of the application anti-icing agents' under large city conditions (on the example of the city of Moscow). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(11): 1032-37. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1032-37>

For correspondence: Alla G. Malysheva, MD, Ph.D., DSci., professor, head of the Laboratory of Physical-Chemical investigations of the Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: fizhim@sysin.ru

Information about authors: Malysheva A.G., <https://orcid.org/0000-0003-3112-0980>;
Shelepova O.V., <https://orcid.org/0000-0003-2011-6054>, SPIN S-2090-0869; Yudin S.M., <https://orcid.org/0000-0002-7942-8004>.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Received: 04 October 2018

Accepted: 18 October 2018

Введение

В современных условиях научно-технического прогресса и интенсификации промышленного производства проблемы охраны окружающей среды и здоровья населения стали важнейшими государственными задачами. Одним из опасных явлений в крупных городах с холодным климатом является отрицательное влияние противогололёдных реагентов (ПГР) на окружающую среду. Гололёд – одна из самых актуальных проблем зимнего сезона, которая влечёт за собой не только повышенный риск травматизма, но и огромные убытки. Способов борьбы с гололёдом много: от самых простых и недорогих с использованием обычного карьерного песка, технической соли для дорог или гранитной крошки до самых современных ПГР различных марок и производителей. С развитием технологий развиваются и методы борьбы с гололёдом [1]. Однако научно-технический прогресс, наряду с положительным эффектом, имеет свои минусы. Например, он имеет два взаимнообратимых процесса: с одной стороны, он направлен на решение целевого назначения, с другой, – нередко может сопровождаться негативным побочным эффектом. Поэтому исследования по оценке эффективности и экологической безопасности применения ПГР и поиск наиболее безопасных и экологически безвредных реагентов и технологий, определение оптимальных условий их применения, представляются крайне актуальными [2–4]. Отметим также, что существующая к настоящему времени система эколого-аналитического мониторинга состояния объектов окружающей среды, подвергающихся воздействию различных реагентов и технологий для её оздоровления и основанных на воздействии различных физико-химических или биологических факторов, наряду с оценкой их эффективности, требует контроля химической безопасности с тем, чтобы побочные эффекты протекали по возможности максимально безвредно для здоровья населения [5, 6].

ПГР – одни из основных загрязнителей почвенного покрова Москвы [7–9]. Их широкое использование влечёт за собой неблагоприятные экологические последствия для городской среды, связанные с засолением почв. В большинстве случаев ПГР представляют собой активные химические соединения, отрицательно влияющие на здоровье населения и городскую среду. Накопление солей в корнеобитаемом слое почв приводит к их угнетению, а в ряде случаев и к гибели зелёных насаждений города. Большинство растений очень чувствительны к засолённости почв из-за осмотического стресса, вызывающего физиологическую засуху. Кроме того, при засолении почв разрушается их структура и гранулометрический состав – наблюдается увеличение тонкопылевой фракции (мелкой пыли).

Частицы пыли представляют опасность для экологического и санитарно-гигиенического состояния городских территорий [10]. На их поверхности в адсорбированном состоянии находятся разнообразные токсичные вещества. Частицы тонкой пыли мигрируют с потоками воздуха на большие расстояния, длительно находятся в воздухе, попадают в организм человека. По данным Всемирной организации здравоохранения, содержание в воздухе городов тонкой пыли в количестве 10 мкг/м³ может приводить к сокращению продолжительности жизни людей [11].

Таким образом, загрязнение городских почв применяемыми ПГР является серьёзной проблемой. Целью работы являлось определение содержания легкорастворимых солей и оценка их запасов в корнеобитаемом слое почв функциональных зон города Москвы, отличающихся по степени антропогенной нагрузки.

Материал и методы

Исследования проведены в Центральном (ЦАО) и Юго-Восточном (ЮВАО) административных округах Москвы на почвах разных функциональных зон: территории с наивысшей степенью антропогенной нагрузки (газоны вдоль городских дорог), общественные (парки и скверы) и служебные (закрытые) территории и жилые зоны (газоны у домов, внутриворонные площадки). Большинство исследованных почв можно отнести к антропогенно трансформированным почвам – урбанозёмам. Пробы отбирались в начале вегетационного периода (май 2017 года) из поверхностного органо-минерального насыпного, перемешанного горизонта (0–20 см). В образцах определяли pH водной суспензии, катионно-анионный состав водной вытяжки по ГОСТам: 26423–85, 26424–85, 26425–85, 26426–85, 26427–85 и 26428–85. В качестве фоновой почвы использовали наиболее распространённую в регионе дерново-подзолистую среднесуглинистую почву, отобранную в Солнечногорском районе Московской области (Чашниково), не подверженную антропогенному воздействию солевых противогололёдных средств.

Кроме того, существующая в настоящее время система лабораторных исследований (метод водной вытяжки) была дополнена исследованием состава легкорастворимых солей в вытяжках из водонасыщенных почвенных паст. Согласно литературным данным, данные состава водонасыщенных почвенных паст в большей степени отражают состав жидкой фазы почв (почвенного раствора) и запасов легкорастворимых солей в почвах, который легко мобилизуется в течение вегетационного периода. Поэтому они необходимы для оценки актуального засоления и для прогноза непосредственного воздействия солей на растения и окружающую среду [12–16].

Величина pH и среднее содержание легкорастворимых солей (смоль(экв)/кг почвы) в поверхностном (0–20 см) слое почв

Показатель	pH	Ион						Сумма ионов	Плотный остаток, %
		HCO ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺		
<i>Подмосковье, Чашиково, фон:</i>									
Среднее	6,40	0,16	0,06	0,06	0,31	0,03	0,03	0,60	0,014
<i>Территория с наивысшей степенью антропогенной нагрузки (газоны вдоль городских дорог):</i>									
Среднее	8,65	1,37	0,96	2,75	3,93	4,54	0,06	13,61	0,188
Min	8,06	0,64	0,71	2,100	3,26	3,61	0,04	12,08	0,164
Max	9,24	1,72	1,39	3,90	4,84	6,75	0,08	15,34	0,210
Cv, %	6,01	35,90	31,55	30,06	21,72	32,61	27,33	10,19	10,82
Kc	–	8,53	15,92	45,83	12,69	151,33	2,08	22,68	13,45
<i>Общественные территории (парки и скверы):</i>									
Среднее	7,81	0,40	0,74	1,70	3,34	2,94	0,09	9,20	0,056
Min	7,58	0,28	0,51	1,09	3,05	2,42	0,02	8,79	0,016
Max	8,17	0,56	1,03	2,1	3,95	3,49	0,17	10,00	0,168
Cv, %	3,26	31,62	31,88	27,04	12,60	18,98	73,10	5,97	14,63
Kc	–	2,50	12,29	28,29	10,76	98,08	2,92	15,33	4,00
<i>Служебные (закрытые) территории:</i>									
Среднее	8,74	0,80	0,87	2,00	3,57	5,05	0,11	12,39	0,181
Min	8,67	0,64	,72	1,50	3,03	2,90	0,8	9,89	0,156
Max	8,77	0,9	1,04	2,50	3,87	9,70	0,13	17,33	0,207
Cv, %	0,52	14,04	18,44	20,41	9,99	63,46	20,63	27,96	13,75
Kc	–	5,02	14,42	33,33	11,50	168,33	3,58	20,65	12,89
<i>Жилые зоны (газоны у домов, внутридворовые площадки):</i>									
Среднее	8,34	0,92	0,80	2,35	3,52	3,91	0,22	11,71	0,138
Min	8,24	0,65	0,48	1,50	3,26	1,49	0,13	7,52	0,040
Max	8,43	1,48	1,06	4,00	4,07	7,21	0,38	17,46	0,246
Cv, %	0,95	41,79	32,72	47,70	10,88	62,91	52,96	36,22	77,62
Kc	–	5,72	13,33	39,17	11,35	130,42	7,17	19,52	9,84

Для основных ионов были рассчитаны коэффициенты накопления в почвах:

$$Kc = C_{\text{гор}} / C_{\text{фон}}$$

где $C_{\text{гор}}$, $C_{\text{фон}}$ – среднее содержание элемента в городской и фоновой пробах.

Классификацию городских почв по степени засоления проводили на основе классификации, принятой для природных засоленных почв [17, 18]. В качестве порога токсичности принимали предел засоления городских почв 0,1% плотного остатка, установленный для нормального произрастания газонных трав и древесной растительности [19–23].

Механический состав почв (содержание тонкопылеватой фракции) определялся методом отмучивания по В.И. Рутковскому [24].

Анализ полученных данных проводили методами математической статистики с применением дисперсионного анализа в программе Excel 2010. Определяли средние значения изучаемых показателей (M) и коэффициент вариации при 95% доверительном уровне (Cv , %).

Результаты

На территории Москвы применяются жидкие, твердые и комбинированные ПГР, применение которых строго регламентируется [25, 26]. В большинстве случаев в составе ПГР представлены хлориды кальция (массовая доля 15–20%), натрия (50–85%) и калия (не более 20%). Ионы

других солей в составе ПГР содержатся в незначительных количествах, в основном это сульфаты кальция. Содержание суммы солей в реагентах в среднем составляет 3260 смоль(экв)/кг [20, 21, 27].

Фоновые дерново-подзолистые почвы Московской области содержат легкорастворимые соли в малых количествах. Почва имеет близкую к нейтральной реакцию среды (pH 6,4), низкое содержание солей (0,60 смоль(экв)/кг), бикарбонатно-кальциевый состав ионов и небольшой плотный остаток (0,014%), что указывает на отсутствие засоления (табл. 1).

Значительная часть легкорастворимых соединений, применяемых в городе ПГР, аккумулируется почвами, что приводит к изменению их химического состава. Актуальной кислотность (pH почвенного раствора) является одним из наиболее информативных диагностических признаков городских почв. Величина pH позволяет оценить пригодность почв для развития растений и почвенной биоты. На обследованных территориях почвы в основном наблюдалась щелочная реакция среды. Подщелачивание почв по сравнению с фоном было минимальным в парках и скверах города – на 1,4 единицы и максимальным на служебных (закрытых) территориях – на 2,34 единицы. Эффект подщелачивания верхних слоев почв является результатом попадания в почву через поверхностный сток хлоридов натрия и кальция, входящих в состав ПГР. Почвы характеризовались повышенным плотным остатком, при этом они отличались

Величина рН и содержание доминирующих ионов (смоль(экв)/кг почвы) в поверхностном (0–20 см) слое почв

Территория	Показатель														
	рН					Na ⁺					Cl ⁻				
	Среднее	Min	Max	Cv, %	Kc	Среднее	Min	Max	Cv, %	Kc	Среднее	Min	Max	Cv, %	Kc
Подмосковье, Чашниково, фон	5,92	–	–	–	–	0,75	–	–	–	–	0,71	–	–	–	–
Территория с наивысшей степенью антропогенной нагрузки (газоны вдоль городских дорог)	7,93	7,54	8,30	4,12	–	32,58	24,74	36,30	16,57	43,44	6,68	5,87	7,72	11,68	9,41
Общественные территории (парки и скверы)	7,25	6,96	7,65	4,20	–	8,57	5,12	14,24	47,01	11,43	3,04	1,45	4,28	42,90	4,29
Служебные (закрытые) территории	7,95	7,81	8,08	1,41	–	38,85	18,85	62,67	46,60	51,79	6,89	4,42	9,76	32,53	9,70
Жилые зоны (газоны у домов, внутриворонные площадки)	7,70	7,42	7,87	2,53	–	22,39	11,66	28,39	35,08	29,85	4,45	3,02	8,12	55,30	6,26

высокой неоднородностью содержания солей с коэффициентом вариации 6,0–36,2%. Величина плотного остатка относительно фона увеличилась в 10–13 раз, что соответствует слабой и средней степени засоления. И только почвы парков и скверов можно считать не засоленными: средняя величина плотного остатка не превысила порог токсичности по данному показателю, хотя и возросла в 6 раз относительно фона. Солевой состав почвенного раствора обследованных территорий неоднороден, но в целом почвы имеют преимущественно хлоридно-натриевый тип засоления.

Максимальное содержание солей наблюдалось в поверхностном слое почв *вблизи автодорог*, где плотный остаток достигал 0,19%, а сумма солей – 13,61 смоль(экв)/кг, что соответствует средней степени засоления. Содержание ионов хлора превысило фоновые концентрации в 45 раз, ионов натрия – в 151 раз, и составило 2,75 и 4,54 смоль(экв)/кг, соответственно. Вторым доминирующим катионом является кальций с превышением фона в 12,7 раза (3,93 смоль(экв)/кг). Такие концентрации негативно влияют на произрастающую вдоль дорог растительность, так как газонные травы, широко используемые в озеленении территорий вдоль городских дорог, обладают особо высокой чувствительностью к засолению [22, 23]. Плотный остаток 0,2–0,4% является пределом для роста и развития кустарников и деревьев, используемых в столице для озеленения [28].

На служебных (закрытых) территориях также сформировалась техногенная аномалия солей в почвенном покрове. Уровень засоления этих почв (по осредненному значению плотного остатка и содержанию солей) вырос по сравнению с фоном до средней степени, в 13 и 21 раз, соответственно. Наиболее контрастно увеличилось содержание ионов натрия (в 168 раз по сравнению с фоном), что превысило показатели, характерные для территорий с наибольшей степенью антропогенной нагрузки. Неоднородность уровней содержания хлоридов натрия в этих почвах была очень высокой (Cv до 63,5%).

Слабозасоленные и незасоленные почвы встречались *в жилых зонах, в парках и скверах города*, что обусловлено использованием на этих территориях согласно технологиям [25] в большей степени твердых комбинированных ПГР на основе композиции мраморного щебня (массовая доля 20–50%) и хлорида натрия (массовая доля не более 60% по массе). Плотный остаток в почвах общественных территорий и жилых зон достигал 0,06–0,15%, а сумма солей – 9,2–11,7 смоль(экв)/кг, соответственно. Содержание

ионов хлора превысило фоновые концентрации в 28–39 раз, ионов натрия – в 98–130 раз. При этом неоднородность уровней содержания хлоридов натрия в этих почвах оставалась очень высокой (Cv 28,3–98,1%).

Запасы легкорастворимых солей в почвах территорий города оценивались по показателям содержания доминирующих ионов в вытяжках из водонасыщенных почвенных паст (табл. 2).

Как отмечалось ранее, состав водонасыщенных почвенных паст отражает состав жидкой фазы почв (почвенного раствора) и запасы легкорастворимых солей в почвах, который легко мобилизуется в течение вегетационного периода [12, 14].

Возросшая за последнее время интенсивность антропогенной нагрузки привела к накоплению доминирующих ионов в составе поглощающего комплекса почв. Так, запасы ионов хлора по сравнению с фоновыми почвами увеличились в 10 раз, а ионов натрия – в 52 раза. Важно отметить, что содержание хлора не превысило величину экспертного критерия, утвержденного постановлением Правительства Москвы от 27.07.2004 г. № 514-ПП «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве» – 1680 мг/кг [7].

Обсуждение

Аномалии с высокими запасами хлоридов натрия в почвах фиксировались не только в транспортной и промышленной (служебной) зонах, но и в целом в благополучных рекреационной и селитебной (жилой) зонах. Хотя почвы со значительными запасами легкорастворимых солей в последних двух зонах встречались небольшими отдельными пятнами. При сохранении объемов внесения ПГГ в ближайшем будущем стоит ожидать дальнейшего роста содержания легкорастворимых солей в почвах и дальнейшего ухудшения экологического состояния почв города. Вызывают особую тревогу значительные запасы натрия, что свидетельствует о развитии осолонцевания, которое является наиболее экологически опасным видом засоления городских почв. И если в конце прошлого века А.И. Обухов с соавторами [28] не отмечали солонцеватость в почвах Москвы, а к началу нынешнего века этот процесс фиксировался только вблизи ряда крупных автомагистралей [29], то к настоящему времени содержание натрия в ряде случаев составило до 45% от суммы катионов. Наличие в поглощающем комплексе поглощенного натрия, весьма слабого коагулятора коллоидов, накладывает на солонцеватые почвы свой отпечаток. Эти почвы резко от-

личаются от всех других почв по физическим свойствам. Почвенные коллоиды, насыщенные натрием, подвергаются пептизации, переходят в состояние золя, приобретают подвижность и неустойчивость против размывающего действия воды и частично передвигаются сверху вниз. В результате процессов вымывания некоторые изменения при этом происходят и в механическом составе солонцовых почв: количество илистой фракции увеличивается. Почва теряет структурные свойства, распыляется. Вследствие высокой дисперсности такая почва во влажном состоянии сильно набухает и почти полностью прекращает фильтрацию воды [30].

Определение гранулометрического состава почв показало, что содержание тонкопылевой фракции в фоновой почве не превышало 25%. В почвах парков и скверов и жилых зон наблюдалось незначительное увеличение данной фракции – в 1,1–1,3 раза. И существенно возрос уровень пылевой фракции в почвах аномалий с высоким уровнем запасов легкорастворимых солей – в 1,8 раза, максимальное содержание тонкопылевой фракции составило 45,6%. И хотя химический состав пыли весьма разнообразен, согласно данным Кайгородова с соавторами [10], в дорожной пыли, наряду с тяжелыми металлами, накапливается натрий.

В заключение следует отметить, что для уменьшения засоления городских почв требуется проведение специальных мероприятий, в частности снижение токсичности хлоридов путём промывки почвы от солей. Для озеленения территорий со средней степенью засоления следует использовать ассортимент растений, обладающих повышенной солеустойчивостью. Для уменьшения пыления почвы аномалий с высокой степенью засоления вдоль автомагистралей с выпадениями газонных трав почву необходимо мульчировать декоративными материалами (щепой).

Заключение

Большие объёмы и длительность применения ППР на территории мегаполиса вызвали антропогенное засоление и подщелачивание почв, что способствует развитию процессов, не характерных для зональных почв естественных ландшафтов. Максимальное содержание солей наблюдалось в поверхностном слое почв вблизи автодорог, где плотный остаток достигал 0,19%, а сумма солей – 13,61 смоль(экв)/кг, содержание ионов хлора превысило фоновые концентрации в 45 раз, ионов натрия – в 151 раз, что соответствует средней степени засоления. По преобладающему ионному составу большинство почв относятся к хлоридо-натриевому классу засоления.

Аномалии с высокими запасами хлоридов натрия фиксировались во всех четырёх типах обследованных функциональных зонах: в транспортной, промышленной (служебной), рекреационной и селитебной (жилой) зонах. Засоление почв отличается усилением солевого процесса и высокой вариабельностью содержания солей в пределах функциональных зон.

Мониторинг антропогенного засоления городских почв должен обеспечивать выявление аномалий техногенных солей в почвенном покрове. Принимая во внимание потенциальную опасность многолетней аккумуляции солей в почвах, необходимо совершенствовать принципы оценки экологического риска опасности используемых ППР на окружающую среду и здоровье населения.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Николаевский В.С., Якубов Х.Г. Развитие Москвы и современные экологические проблемы мегаполиса. *Вестник Московского государственного университета леса – Лестной вестник*. 2008. (1): 37–40.
2. Малышева А.Г., Козлова Н.Ю., Юдин С.М. Неучтенная химическая опасность процессов трансформации веществ в окружающей среде при оценке эффективности применения технологий. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(6): 490–497.
3. Водянова М.А., Крятов И.А., Донерьян Л.Г., Евсеева И.С., Ушаков Д.И., Сбитнев А.В. Эколого-гигиеническая оценка качества почв урбанизированных территорий. *Гигиена и санитария*. 2016. 95(10): 913–916.
4. Крятов И.А., Тонкопий Н.И., Водянова М.А., Русаков Н.В., Донерьян Л.Г., Евсеева И.С., Ушаков Д.И., Матвеева И.С., Воробьева О.В., Цапкова Н.Н. Методические подходы к обоснованию гигиенических требований к применению противогололедных материалов. *Гигиена и санитария*. 2014. 93(6): 52–54.
5. Малышева А.Г., Шелепова О.В., Козлова Н.Ю. Хромато-масс-спектрометрические исследования летучих выделений растений для оценки химической безопасности применения аэрофитоконплексов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017. 96(9): 118–119.
6. Малышева А.Г., Шелепова О.В., Козлова Н.Ю., Юдин С.М. Хромато-масс-спектрометрическое исследование летучих выделений эфирных растений для оценки химической безопасности их применения в закрытых помещениях. *Гигиена и санитария*. 2017. 96(10): 975–979.
7. Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2017 году». Под ред. А.О. Кульбачевского. М.: ДПиООС, 2018. 358 с.
8. Еремина И.Д., Григорьева А.В. Кислотность и химический состав снежного покрова в Москве и Подмосковье за период 1999–2006 гг. *Вест. Моск. Ун-та. Сер. 5*. 2010; (3): 56–60.
9. Николаев Ю.Н., Шестакова Т.В., Бычкова А.Ю., Маркова Ю.Л., Лубкова Т.Н., Яникеева О.Е. Солевое загрязнение почв и растительности в НП «Лусиный остров». *Новые идеи в науках о Земле*. 2001. 4: 44–54.
10. Кайгородов Р.В., Тиунова М.И., Дружинина А.В. Загрязняющие вещества в пыли проезжих частей дорог и в древесной растительности придорожных полос городской зоны. *Вестник Пермского Университета*. 2009. 10 (36): 141–146.
11. Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц, озона, диоксида азота и диоксида серы (Глобальные обновленные данные 2005 год). http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06_02_rus.pdf;jsessionid=B501C6604911FB99963F84480DA607F7?sequence=4 (дата обращения: 24.08.2018).
12. Хитров Н.Б. Сопоставление двух методов определения обменных катионов в засоленных карбонатных и гипсоносных почвах *Почвоведение*. 1986. (2): 123–129.
13. Хитров Н.Б., Понизовский А.А. *Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв*. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. 1990. 107с.
14. Федотова А.В., Яковлева Л.В. Новый подход к экологической оценке засоленных почв. *Материалы докладов съезда общества почвоведов им. В.В. Докучаева «Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования»*, Петрозаводск. 2012.3:150–151.
15. Кормилицына О.В., Бондаренко В.В., Коолен Д. Современные методы оценки состояния почв и грунтов урбанизированных территорий. *Вестник Московского государственного университета леса – Лестной вестник*. 2010. (7): 98–99.
16. Субботина М.Г., Батье-Салес Хорхе. Об электропроводности почв в современных исследованиях. *Пермский аграрный вестник*. 2013. 3(3): 28–33.
17. *Засоленные почвы России*. Под ред. Л.Л. Шишова и Е.И. Панковой. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 854с.
18. Юзефович А.М., Кошелева Н.Е. Загрязнение почв селитебной зоны Москвы и его связь с природными и антропогенными факторами. *Теоретическая и прикладная экология*. 2009. (3): 35–42.
19. Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Власов Д.В., Терская Е.В. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы. *Вест. Моск. Ун-та. Сер. 5*. 2012. (4): 14–25.
20. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Власов Д.В. Мониторинг засоления снега и почв Восточного округа Москвы противогололедными смесями. *Фундаментальные исследования*. 2014. (11): 340–347.
21. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е. Геохимический мониторинг антропогенного засоления почв противогололедными смесями (на

- примере Восточного округа Москвы). *Экология урбанизированных территорий*. 2014. (1): 64-75.
22. Гладков Е.А., Евсюков С.В., Шевякова Н.И., Долгих Ю.И., Гладкова О.Н., Глушевская Л.С. Влияние противогололедных реагентов на газонные травы. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2016. 18(5): 157-159.
 23. Гладков Е.А., Долгих Ю.И., Гладкова О.Н. Получение многолетних трав, устойчивых к хлоридному засолению, с помощью клеточной селекции. *Сельскохозяйственная биология*. 2014. (4): 106-111.
 24. Уваров Г.И., Голушов П.В. *Практикум по почвоведению с основами бонитировки почв*. Белгород: Изд-во Белгород. ун-та, 2004. 140 с.
 25. *Распоряжение от 28 сентября 2011 года № 05-14-650/1 «Об утверждении технологий зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства г. Москвы) с применением противогололедных реагентов и гранитного щебня фракции 2-5 мм (на зимние периоды с 2010-2011 годов и далее)*. <http://docs.cntd.ru/document/537913792> (дата обращения 24.08.2018).
 26. Хомяков Д.М. Противогололедные реагенты в Москве. *Материалы научно-практической конференции «Нерешенные экологические проблемы Москвы и Подмосковья»*, Москва, 2012: 150-158.
 27. Дорохова М.Ф., Кошелева Н.Е., Терская Е.В. Экологическое состояние городских почв в условиях антропогенного засоления и загрязнения (на примере Северо-западного округа Москвы). *Теоретическая и прикладная экология*. 2015. (4): 16-24.
 28. Обухов А.И., Лепнева О.М. Экологические последствия применения противогололедных соединений на городских автомагистралях и меры по их устранению. *Материалы научно-практической конференции «Экологические исследования в Москве и Московской области»*, Москва, 1990:197-202.
 29. Черноусенко Г.И., Ямнова И.А., Скрипникова М.Н. Антропогенное засоление почв Москвы. *Почвоведение*. 2003. (1): 97-105.
 30. Зубкова Т.А., Манучарова А.С., Черноморченко Н.И., Костарев И.А. Влияние легкорастворимых солей на структурные свойства минеральных систем. *Вест. Моск. Ун-та. Сер. 17*. 2006. (2): 20-25.
- ## References
1. Nikolaevskij V.S., Yakubov H.G. Razvitie Moskvy i sovremennye ehkologicheskie problemy megapolisa. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lestnoj vestnik*. 2008. (1): 37-40.
 2. Malysheva A.G., Kozlova N.YU., Yudin S.M. Neuchtennaya himicheskaya opasnost' processov transformacii veshchestv v okruzhayushchej srede pri oцenke ehffektivnosti primeneniya tekhnologij. *Gigiena i sanitariya*. 2018; 97(6): 490-497.
 3. Vodyanova M.A., Kryatov I.A., Doner'yan L.G., Evseeva I.S., Ushakov D.I., Sbitnev A.V. EHkologo-gigenicheskaya oцenka kachestva pochv urbanizirovannyh territorij. *Gigiena i sanitariya*. 2016. 95(10): 913-916.
 4. Kryatov I.A. Tonkopij N.I., Vodyanova M.A., Rusakov N.V., Doner'yan L.G., Evseeva I.S., Ushakov D.I., Matveeva I.S., Vorob'eva O.V. Capkova N.N. Metodicheskie podhody k obosnovaniyu gigenicheskikh trebovanij k primeneniyu protivogolodnyh materialov. *Gigiena i sanitariya*. 2014. 93(6): 52-54.
 5. Malysheva A.G., Shelepova O.V., Kozlova N.YU. Hromato-mass-spektrometricheskie issledovaniya letuchih vydelenij rastenij dlya oцenki himicheskoy bezopasnosti primeneniya aehrofitokompleksov. *Medicina truda i promyshlennaya ehkologiya*. 2017. 96(9): 118-119.
 6. Malysheva A.G., Shelepova O.V., Kozlova N.YU., Yudin S.M. Hromato-mass-spektrometricheskoe issledovanie letuchih vydelenij ehfiroznym rastenij dlya oцenki himicheskoy bezopasnosti ih primeneniya v zakrytyh pomeshcheniyah. *Gigiena i sanitariya*. 2017. 96(10): 975-979.
 7. Doklad «O sostoyanii okruzhayushchej sredy v gorode Moskve v 2017 godu». Ed. A.O. Kul'bachevskogo. M.: DPiOOS, 2018. 358 p.
 8. Eremina I.D., Grigor'eva A.V. Kislotnost' i himicheskij sostav snezhnogo pokrova v Moskve i Podmoskov'e za period 1999-2006 gg. *Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 5*. 2010. (3): 56-60.
 9. Nikolaev YU.N., Shestakova T.V., Bychkova A.YU., Markova YU.L., Lubkova T.N. Yanikieva O.E. Solevoe zagryaznenie pochv i rastitel'nosti v NP «Losinyj ostrov». *Novye idei v naukah o Zemle*. 2001. 4: 44-54.
 10. Kajgorodov R.V., Tiunova M.I., Druzhinina A.V. Zagryaznyayushchie veshchestva v pyli proezhnyh chastej dorogo i v drevesnoj rastitel'nosti pridorozhnyh polos gorodskoj zony. *Vestnik Permskogo Universiteta*. 2009. 10 (36): 141-146.
 11. Rekomendacii VOZ po kachestvu vozduha, kasayushchiesya tverdyh chastic, ozona, dnuokisi azota i dnuokisi sery (Global'nye obnovlennye dannye 2005 god). http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_rus.pdf;jsessionid=B501C6604911FB99963F84480DA607F7?sequence=4 (data obrashcheniya: 24.08.2018).
 12. Hitrov N.B. Sopostavlenie dvuh metodov opredeleniya obmennyh kationov v zasolennyh karbonatnyh i gipsonosnyh pochvah. *Pochvovedenie*. 1986. (2): 123-129.
 13. Hitrov N.B., Ponizovskij A.A. *Rukovodstvo po laboratornym metodam issledovaniya ionno-solevogo sostava nejtral'nyh i shchelochnyh mineral'nyh pochv*. M.: Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva. 1990. 107 p.
 14. Fedotova A.V., YAKovleva L.V. Novyj podhod k ehkologicheskoy oцenke zasolennyh pochv. *Materialy dokladov s'ezda obshestva pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva Pochvy Rossii: sovremennoe sostoyanie, perspektivy izucheniya i ispol'zovaniya*, Petrozavodsk. 2012.3:150-151.
 15. Kormilicyna O.V., Bondarenko V.V. Koolen D. Sovremennye metody oцenki sostoyaniya pochv i gruntov urbanizirovannyh territorij. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lestnoj vestnik*. 2010. (7): 98-99.
 16. Subbotina M.G., Bat'e-Sales Horhe. Ob ehlektroprovodnosti pochv v sovremennyh issledovaniyah. *Permskij agrarnyj vestnik*. 2013. 3(3): 28-33.
 17. Zasolennye pochvy Rossii / pod red. L.L. SHishova i E.I. Pankovoj. M: IKC «Akademkniga», 2006. 854 p.
 18. Yuzefovich A.M., Kosheleva N.E. Zagryaznenie pochv selitebnoj zony Moskvy i ego svyaz' s prirodnyimi i antropogennymi faktorami. *Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya*. 2009. (3): 35-42.
 19. Kasimov N.S., Kosheleva N.E., Vlasov D.V., Terskaya E.V. Geohimiya snezhnogo pokrova v Vostochnom okruge Moskvy. *Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 5*. 2012. (4): 14-25.
 20. Nikiforova E.M., Kosheleva N.E., Vlasov D.V. Monitoring zasoleniya snega i pochv Vostochnogo okruga Moskvy protivogolodnyimi smesyami. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. (11): 340-347.
 21. Nikiforova E.M., Kosheleva N.E. Geohimicheskij monitoring antropogennogo zasoleniya pochv protivogolodnyimi smesyami (na primere Vostochnogo okruga Moskvy). *Ehkologiya urbanizirovannyh territorij*. 2014. (1): 64-75.
 22. Gladkov E.A., Evsyukov S.V., Shevyakova N.I., Dolgih YU.I., Gladkova O.N., Glushevskaya L.S. Vliyanie protivogolodnyh reagentov na gazonnye travy. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoy akademii nauk*. 2016. 18(5): 157-159.
 23. Gladkov E.A., Dolgih YU.I., Gladkova O.N. Poluchenie mnogoletnih trav, ustojchivyyh k hlорidnomu zasoleniyu, s pomoshch'yu kletochnoj selekcii. *Sel'skhozaystvennaya biologiya*. 2014. (4): 106-111.
 24. Uvarov G.I., Goleusov P.V. *Практикум по почвоведению с основами бонитировки почв*. Белгород: Изд-во Белгород. ун-та, 2004. 140 p.
 25. *Распоряжение от 28 сентября 2011 года № 05-14-650/1 «Об утверждении технологий зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства г. Москвы) с применением противогололедных реагентов и гранитного щебня фракции 2-5 мм (на зимние периоды с 2010-2011 годов и далее)*. <http://docs.cntd.ru/document/537913792> (дата обращения 24.08.2018).
 26. Homyakov D.M. Protivogolodnyye reagenty v Moskve. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Nereshennye ehkologicheskie problemy Moskvy i Podmoskov'ya»*, Москва, 2012: 150-158.
 27. Dorohova M.F., Kosheleva N.E., Terskaya E.V. EHkologicheskoe sostoyanie gorodskih pochv v usloviyah antropogennogo zasoleniya i zagryazneniya (na primere Severo-zapadnogo okruga Moskvy). *Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya*. 2015. (4): 16-24.
 28. Obuhov A.I., Lepneva O.M. EHkologicheskie posledstviya primeneniya protivogolodnyh soedinenij na gorodskih avtomagistralyah i mery po ih ustraneniyu. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Ehkologicheskie issledovaniya v Moskve i Moskovskoy oblasti»*, Москва, 1990:197-202.
 29. Chernousenko G.I., Yamnova I.A., Skripnikova M.N. Antropogennoe zasolenie pochv Moskvy. *Pochvovedenie*. 2003. (1): 97-105.
 30. Zubkova T.A., Manucharova A.S., Chernomorchenko N.I., Kostarev I.A. Vliyanie legkorastvorimyyh solej na strukturnyye svoystva mineral'nyh sistem. *Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 17*. 2006. (2): 20-25.

Поступила 04.10.2018

Принята к печати 18.10.2018