

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

УДК 504.054+504.37+504.064.2

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРИДОРΟЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ Г. ВЛАДИМИР

© 2022 г. Т. А. Трифонова^{1,2}, Ю. Н. Курбатов², И. Н. Курочкин^{2,*}, О. В. Савельев²,
О. Г. Селиванов², А. А. Марцев²

¹ ФГБОУ ВО Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Ленинские горы, 1, Москва, 119991 Россия

² ФГБОУ ВО “Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых”,
ул. Горького, 87, Владимир, 600000 Россия

*E-mail: ivan33vl@yandex.ru

Поступила в редакцию 28.04.2022 г.

После доработки 13.06.2022 г.

Принята к публикации 17.06.2022 г.

Проведена оценка уровня токсичности снежного покрова придорожных территорий улиц г. Владимир с наиболее интенсивным движением автотранспорта. Изучен ряд общехимических показателей талой воды, полученной из снега на придорожных территориях, и определены возможные загрязнители, которые могут влиять на токсичность снежного покрова. Установлено, что наибольшее содержание тяжелых металлов (ТМ) находится в твердом осадке, полученном после фильтрации талых вод. Высокие концентрации выявлены в зависимости от точек отбора по Cu, Ni, выше установленных норм – по As и Co. В фильтрате талых вод содержание ТМ незначительно, что обусловлено слабощелочной реакцией талой воды придорожных территорий. В талой воде обнаружено повышенное содержание, что связано прежде всего с применением в качестве антигололедного средства песчано-солевой смеси на основе хлорида натрия. Выявлены высокие концентрации нефтепродуктов в талой воде со всех исследуемых улиц по сравнению с контролем. Оценка общей интегральной токсичности отфильтрованных проб талой воды методом биотестирования показала, что все они токсичны. Для снижения антропогенной нагрузки на почвы придорожных территорий снег с этих территорий должен быть утилизирован – вывезен на специальные полигоны и очищен перед сбросом в поверхностные водоемы до установленных нормативов.

Ключевые слова: снежный покров, придорожная территория, тяжелые металлы, противогололедные материалы, хлорид натрия, нефтепродукты, интегральная токсичность, экологическая опасность

DOI: 10.31857/S0869780922060091

ВВЕДЕНИЕ

Снежный покров служит важнейшим индикатором состояния окружающей среды и, в частности, атмосферного воздуха, из-за способности накапливать загрязняющие вещества. Известно, что качество атмосферного воздуха определяется интенсивностью его загрязнения выбросами, как от стационарных, так и передвижных источников загрязнения. Так, на долю автотранспорта в г. Владимир приходится более 75% выбросов веществ¹. Все эти выбросы аккумулируются вдоль автотрасс и особенно отчетливо на придорожных территориях [10, 14, 15]. Наличие снежного по-

крова позволяет провести качественную и количественную оценку содержания загрязнителей и определить их общую экологическую опасность, так как накопленные за зиму в снеге токсичные элементы, поступающие весной в виде талых вод в почвы и водоемы, способны стать причиной их загрязнения. В снежном покрове могут накапливаться органические и неорганические соединения в виде твердых частиц и аэрозольных загрязняющих веществ (ЗВ), в том числе и в виде тяжелых металлов (ТМ). Твердые частицы загрязняют снег преимущественно за счет техногенного фактора через осаждение пыли, золы, сажи, дыма. Источниками твердых веществ выступают автомобильный транспорт, промышленные предприятия, электростанции. Особенно много твердых веществ выбрасывается в атмосферу в зимний период, когда сжигается максимальное количество топлива, и в результате гравитационного осажде-

¹ О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2020 г.: ежегодный доклад // Администрация Владим. обл., Департамент природопользования и охраны окружающей среды. Владимир: ГБУ ВО “Экорегиян”. 2021. Вып. 28. 172 с.

ния активно они загрязняют снег. Кроме того, источником твердых компонентов в снежном покрове на придорожных территориях являются противогололедные песчано-солевые смеси, которые используют для подсыпки против оледенения автодорог.

Известно, что загрязнение снежного покрова происходит в два этапа. Во-первых, это загрязнение снежинок вокруг ядер конденсации (пылинок, капель и др.) в облаке, а также сорбция примесей при прохождении снежинок сквозь атмосферу и выпадения на местность — влажное выпадение ЗВ со снегом. Во-вторых, это загрязнение уже выпавшего снега в результате сухого выпадения ЗВ из атмосферы (аэрозоли, пыль, зола, дымы, выхлопные газы и др.) [4, 7]. Эти два источника поступления загрязняющих компонентов в снег в основном определяют формирование региональных геохимических характеристик снегового покрова на придорожных территориях.

Состав компонентов загрязняющих снег аэрозолей очень разнообразен и включает вещества естественного биогенного, геологического и антропогенного происхождения. К биогенным соединениям, продуцируемым непосредственно биологическими системами, относятся главным образом кислородосодержащие структуры: жирные кислоты ($C_{10}-C_{18}$) и их эфиры, альдегиды, спирты, токоферолы, терпеноиды, а также амины и другие азотосодержащие соединения [9].

Соединения антропогенного происхождения представлены циклогексанами, входящими в состав автомобильного топлива, циклическими ароматическими кетонами (продуктами горения автомобильных топлив), *n*-алканами (их происхождение связано как с биогенным генезисом, так и антропогенными источниками), антипиреном трифенилфосфатом и его гомологами и т.д. Это касается и органических веществ, включая такие канцерогенные загрязнители, как пирогенные полициклоароматические углеводороды (ПАУ) и диоксины [2].

Важным моментом является наблюдаемая тенденция увеличения в последнее время в городах объемов пыли различного происхождения [13]. Пыль непрерывно накапливается на поверхностях в виде пылегрязевого осадка и является основной средой, которая переносит загрязнение. При этом негативные экологические эффекты связаны, прежде всего, с накоплением в пылегрязевом осадке таких поллютантов, как ТМ, нефтепродукты, полициклические соединения и другие опасные органические вещества [12, 18, 19]. Ветровой подъем мелкодисперсной фракции способствует горизонтальному переносу поллютантов с материалом грязевого осадка [12]. В зимний период отмечается абразивное истирание до-

рожных покрытий шипованными колесами автомобилей. Загрязнение атмосферы от разных источников передается в снежный покров, накапливающий и сохраняющий геохимическую информацию до начала таяния снега [1, 3]. Все это приводит к тому, что пылевая фракция снежного покрова придорожных территорий имеет значительно более высокие величины по содержанию токсичных элементов, что может приводить к их интенсивному поступлению в почвенный покров в условиях урбанизированной территории. Таким образом, снежный покров аккумулирует в себе практически все загрязнители, поступающие в атмосферу с антропогенными выбросами. Изучение снежного покрова может дать точную оценку экологического состояния данной территории, установить динамику накопления ЗВ, оценить степень их токсичности и уровень воздействия на окружающую среду.

Цель данного исследования — определение токсичности снежного покрова придорожных территорий г. Владимир с целью установления степени антропогенного воздействия на окружающую среду.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект данного исследования — снежный покров придорожных территорий г. Владимир.

Город Владимир — областной центр, численность населения 350 тыс. человек, является промышленным, научным и культурным центром в Центральном Федеральном округе. С начала 1990-х гг. наблюдаются процессы упадка промышленности, ввиду чего многие предприятия перепрофилировались, значительно уменьшился спектр производимой продукции, снизились производственные мощности. Многие промышленные предприятия прекратили свою деятельность. В результате сокращения производственной деятельности количество выбросов ЗВ в атмосферу от стационарных источников сократилось. В то же время началось увеличение численности автомобильного транспорта (в том числе и грузового) и развитие автомобильной инфраструктуры.

Владимир — крупный транспортный узел на федеральной трассе М-7 “Волга” с большим потоком грузового и легкового автомобильного транспорта, которые оказывают существенное влияние на загрязнение воздушного бассейна города различными токсичными веществами, в том числе и ТМ.

Транспортная инфраструктура города представлена двумя основными транспортными артериями — трассой М-7 и последовательностью улиц (пр. Ленина — ул. Дворянская — ул. Большая Московская — ул. Большая Нижегородская — ул. Добросельская) (рис. 1). В последние годы

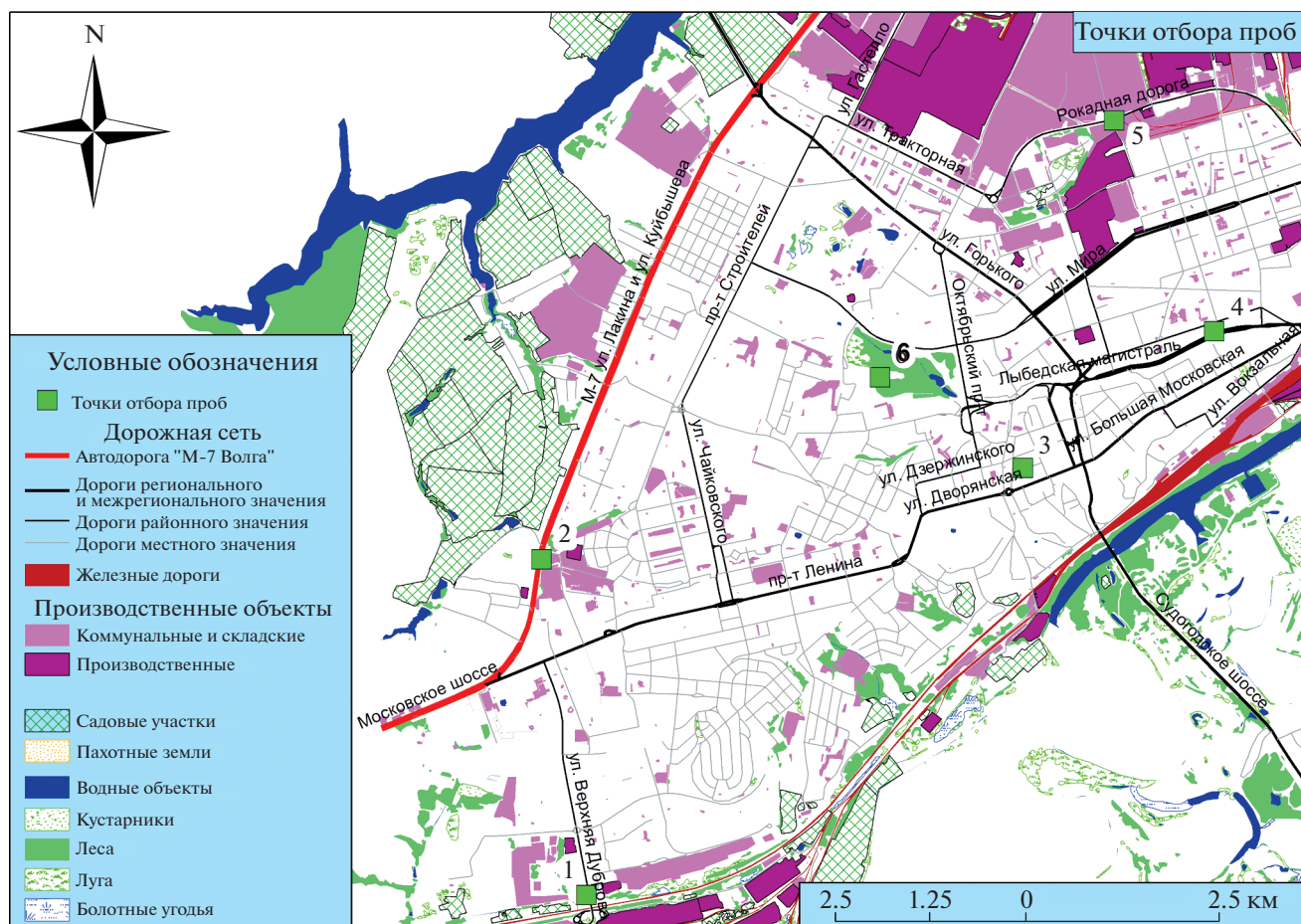


Рис. 1. Места отбора проб снега придорожных территорий г. Владимир.

введена в эксплуатацию Лыбедская магистраль, строительство которой предусматривало разгрузку автотранспорта от центральной части города, где расширение проезжей части невозможно из-за наличия исторической застройки и памятников архитектуры.

По климатическим условиям г. Владимир находится в зоне умеренно континентального климата. Зима умеренно холодная, со сменяющимися периодами сильных морозов и потеплений, достигающих порой до оттепелей. Весна приходит к апрелю, средняя температура января -12°C , июля около $+18^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков 550–600 мм, максимум осадков приходится на лето. Зимой формируется устойчивый снежный покров, толщиной до 55 см к концу марта (лежит в среднем 144 дня). Окончательно снег сходит в середине апреля при переходе среднесуточной температуры через $+5^{\circ}\text{C}$. В среднем снеговой покров держится 4–5 мес [5].

Для оценки концентрации ЗВ в снеге придорожной территории были отобраны пробы снега с улиц города с высокой плотностью движения автомобильного транспорта. Места отбора проб

снега с ул. Верхняя Дуброва (точка 1), ул. Лакина (точка 2), ул. 1-я Никольская (точка 3), Лыбедской магистрали (точка 4), Рокадной дороги (точка 5) представлены на рис. 1.

В качестве контроля была отобрана проба снега в районе ул. Мира (точка 6) около Дома творчества юных (ДТЮ) (рис. 2а), где влияние автомобильного транспорта минимально.

Пробы снега отбирали в конце февраля 2022 г. в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05-85². Отбор проб проводили в один и тот же день при помощи цилиндрического пробоотборника. Пробы отбирались на расстоянии 3 м от края дороги. На рис. 2б представлено место отбора проб на ул. Верхняя Дуброва. В соответствии с ГОСТом отбирали объединенные пробы, вырезая керны на всю глубину снежного массива до границы с почвенным покровом. Затем объединенные снежные пробы растапливали при комнатной температуре в сбор-

² ГОСТ 17.1.5.05-85 Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. М.: Изд-во стандартов, 1985. 26 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008297>



Рис. 2. Места отбора проб в районе: (а) – ул. Мира (точка 6), (б) – ул. Верхняя Дуброва (точка 1).

ных пластиковых емкостях. Талую воду фильтровали через бумажный фильтр “белая лента”.

Определение ТМ в подготовленных фильтрах талой воды проводили в соответствии с методикой М-049-ВП/09³ рентгенофлуоресцентным методом после концентрирования их пирролиндитиокарбаминатных комплексов на фильтрах. Определение ТМ в твердом осадке, после фильтрации талых вод образцов проб проводили по “Методике измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв и донных отложений рентгенофлуоресцентным методом” (М-049-ПДО/18⁴). Водородный показатель образцов талых вод определяли на рН-метре Mettler Toledo Seven Compact S220, общую минерализацию (сухой остаток) образцов проб талой воды определяли по ГОСТ 18164-72. Содержание хлорид-ионов определяли по ГОСТ 4245-72. Содержание нефтепродуктов в воде проводили на основании “Методики измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости “Флюорат-02” (ПНД Ф14.1: 2: 4.128–98)⁵.

³ Определение Cd, Se, As, V, Bi, Fe, Co, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn в пробах природных, питьевых и сточных вод (ФР.1.31.2011.09287). URL: <https://spectronxray.ru/techniques/ekologiya/16/>

⁴ URL: <https://docs.cntd.ru/document/437215682>

⁵ URL: <https://docs.cntd.ru/document/437145094>

Определение интегральной токсичности образцов талых вод на люминометре “Биотокс-10М” по методике экспрессного определения интегральной токсичности⁶. Данная методика предусматривает измерение интенсивности биолюминесценции тест-объекта, в качестве которого используются лиофилизированные люминесцентные бактерии или ферментные препараты бактериальной люциферазы, входящие в состав биосенсора “Эколюм” (ТУ 2639-236-00209792-01). Методика основана на определении изменения интенсивности биолюминесценции бактерий в зависимости от содержания в анализируемой пробе химических веществ-токсикантов по сравнению с контролем (дистиллированная вода).

Выводы о токсичности пробы делались на основе изменения интенсивности биолюминесценции бактерий (имп/с) по сравнению с контролем за 30-минутный период экспозиции. Уменьшение интенсивности биолюминесценции пропорционально токсическому эффекту “Т”, который устанавливает характер ответа биосенсора на токсичность среды и рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{I_0 - I}{I_0} \times 100,$$

⁶ МР № 01.021-07. Методика экспрессного определения интегральной химической токсичности питьевых, поверхностных, грунтовых, сточных и очищенных сточных вод с помощью бактериального теста “Эколюм”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200059374>

Таблица 1. Ближайшие объекты-загрязнители и загруженность автомобильных дорог в местах точек отбора проб снега

№ точки	Местоположение	Ближайшие объекты – загрязнители	Загруженность дороги автомобильным транспортом
1	Ул. Верхняя Дуброва	Завод “Эталон” – 350 м Железная дорога – 100 м “Владимиртеплогазстрой” – 450 м	Средняя
2	Ул. Лакина (трасса М7)	Обувная фабрика – 200 м	Очень высокая
3	Ул. 1-я Никольская	–	Средняя
4	Лыбедская магистраль	–	Высокая
5	Рокадная дорога	Завод “Электроприбор” – 250 м Владимирский электромоторный завод (ВЭМЗ) – 400 м	Высокая
6	Ул. Мира	–	Низкая

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в фильтрах талой воды

№ точки	Местоположение	Содержание тяжелых металлов, мг/дм ³							
		Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Co
1	Ул. В. Дуброва	0.002	0.029	0.018	0.003	0.538	0.001	0.004	0.002
2	Ул. Лакина (М7)	0.002	0.003	0.006	0.003	0.256	0.001	0.003	0.001
3	Ул. 1-я Никольская	0.002	0.008	0.006	0.003	0.554	0.002	0.003	0.002
4	Лыбедская магистраль	0.001	0.012	0.016	0.002	0.237	0.002	0.003	0.001
5	Рокадная дорога	0.002	0.017	0.019	0.003	0.124	0.002	0.003	0.001
6	Ул. Мира (ДТЮ)	0.001	0.001	0.003	0.001	0.088	0.001	0.001	0.001

где I_0 и I – интенсивность биолюминесценции контроля и опыта соответственно.

Методика предусматривает три пороговых уровня токсичности:

- допустимый уровень токсичности ($T < 20$);
- образец токсичен ($20 \leq T < 50$);
- высокая токсичность образца ($T \geq 50$).

В ряде случаев индекс токсичности может иметь отрицательное значение (при $I > I_0$), тогда делается вывод об отсутствии токсичности образца, и индекс токсичности принимает нулевое значение.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе работы было определено содержание ТМ в подготовленных фильтрах талой воды проб снега с придорожных территорий улиц Владимира. Можно предположить, что

именно ТМ вносят максимальный вклад в общую токсичность снежного покрова как химические элементы, способные оказывать вредное воздействие на организм человека, животных и растений. Их наличие в снежном покрове можно связать, прежде всего, с интенсивностью газоздушных выбросов проходящего автотранспорта и близостью расположения ряда промышленных предприятий. В табл. 1 представлены ближайшие объекты-загрязнители, и дана характеристика загруженности автомобильных дорог в местах точек отбора проб снега.

Результаты анализов определения ТМ в подготовленных фильтрах талой воды представлены в табл. 2, из которой видно, что содержание водорастворимых форм ТМ в снежном покрове придорожных территорий всех пяти улиц Владимира немного выше, чем их уровень в контроле (ул. Мира, район ДТЮ). Можно отметить не-

Таблица 3. Водородный показатель и общая минерализация проб талых вод

№ точки	Местоположение	pH, ед.	Общая минерализация (солесодержание), мг/дм ³
1	Ул. В. Дуброва	7.71	68.50
2	Ул. Лакина (М7)	7.33	107.01
3	Ул. 1-я Никольская	7.08	45.71
4	Лыбедская магистраль	7.47	61.68
5	Рокадная дорога	7.41	80.52
6	Ул. Мира (ДТЮ)	7.05	30.18

Таблица 4. Содержание ТМ в твердой фракции после фильтрования талых вод

№ точки	Местоположение	Содержание ТМ, мг/кг							
		Pb	Zn	Cu	Ni	As	Cr	V	Co
1	Ул. В. Дуброва	5.31	22.06	<нпко	6.19	1.46	<нпко	<нпко	5.28
2	Ул. Лакина (М7)	14.99	37.75	11.86	19.97	5.18	63.21	67.89	13.83
3	Ул. 1-я Никольская	11.48	16.05	33.41	9.18	1.81	<нпко	6.07	2.69
4	Лыбедская магистраль	5.81	18.34	11.40	6.50	3.33	<нпко	15.29	4.51
5	Рокадная дорога	11.21	18.01	17.55	9.32	3.13	16.26	10.75	1.71
6	Ул. Мира (ДТЮ)	0.34	1.38	0.04	1.04	0.02	0.03	1.21	0.02
ПДК или ОДК (мг/кг)		32.0	55.0	33.0	20.0	2.0	6.0	150.0	5.0L
Источник		2	3	3	3	3	2	1	2

Примечание: <нпко – нижний предел количественного определения. Источник: 1 – Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. Изд. спец. М.: Изд-во Госкомсанэпиднадзора России. 1991. 18 с.; 2 – ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве; 3 – ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.

большое превышение по таким металлам, как цинк, медь, никель, ванадий, но обнаруженные практически в следовых количествах концентрации данных металлов угрозы для окружающей среды не представляют. Это связано, по-видимому, с тем, что на содержание ТМ в водорастворимой форме значительное влияние оказывает кислотность талой воды.

В табл. 3 приведены значения показателей pH и общей минерализации проб талых вод. По значениям pH видно, что талые воды ближе к нейтральной и слабощелочной среде, что во многом объясняет слабую водорастворимость ТМ и соответственно их низкие концентрации в отфильтрованной воде.

Для чистого снега значение pH обычно составляет 5.6–5.8, что связано с наличием в воздухе

СО₂, образующим угольную кислоту, подкисляющую атмосферные осадки. Чем больше в снежный покров попадает различных загрязнителей и солей, тем pH его выше. Водородный показатель талой воды всех пяти исследуемых снежных покровов придорожных территорий находится в слабощелочной зоне, что очевидно свидетельствует об их потенциальной загрязненности.

Определение общей минерализации показало, что солесодержание в талой воде на всех пяти исследуемых улицах в 2–3 раза выше, чем в контроле (ул. Мира, район ДТЮ) и максимально на федеральной трассе М-7 (ул. Лакина) – 107.01 мг/дм³.

Твердую фракцию, оставшуюся на фильтре после фильтрования талых вод, также проанализировали на содержание ТМ. Результаты определений представлены в табл. 4, из которых видно,

Таблица 5. Содержание нефтепродуктов и хлорид-ионов в пробах талых вод

№ точки	Местоположение	Нефтепродукты, мг/дм ³	Хлорид-ионы, мг/дм ³
1	Ул. В. Дуброва	0.18	13.09
2	Ул. Лакина (М7)	0.12	31.01
3	Ул. 1-я Никольская	0.19	6.89
4	Лыбедская магистраль	0.79	15.6
5	Рокадная дорога	0.37	23.43
6	Ул. Мира (ДТЮ)	0.03	1.76

что содержание ТМ в осадке, полученном после фильтрования талой воды, достаточно высокое относительно контроля на всех пяти участках. По меди (ул. 1-я Никольская), никелю (ул. Лакина, М7) уже достигнуты значения установленных гигиенических нормативов. Значительно превышены установленные нормы по мышьяку (ул. Лакина, Лыбедская магистраль, Рокадная дорога), по кобальту (ул. Лакина и ул. Верхняя Дуброва).

Учитывая тот факт, что концентрации ТМ отражают их накопление в пыле-грязевом осадке снежного покрова за период, равный трем месяцам (время образования снежного покрова, из которого отбирали пробы), можно предположить, что концентрации данных токсикантов за условный год будут в 4 раза выше, а это уже несет серьезную потенциальную опасность окружающей среде и, в частности, почвенному покрову придорожной территории.

В контроле обнаружены низкие концентрации ТМ, что связано с отсутствием вблизи места отбора пробы автомобильного транспорта. Незначительное загрязнение снежного покрова данной территории связано с выпадением загрязненных атмосферных осадков (снега) и возможным переносом пылевой фракции, сорбирующей на себя тяжелые металлы.

Значительное загрязнение ТМ твердой фракции снежного покрова придорожных территорий исследуемых улиц, в первую очередь, связано с газоздушными выбросами автомобильного транспорта, так как все указанные выше металлы присутствуют в выхлопных газах автотранспорта.

Негативное влияние на токсичность снега придорожной территории могут оказывать песчано-солевые (противогололедные) смеси, которыми обрабатывают дороги, и нефтепродукты, которые попадают в придорожный снег вследствие работы автотранспорта. В табл. 5 представлены результа-

ты измерений концентраций нефтепродуктов и хлорид-ионов в талой воде.

Определение концентраций нефтепродуктов в талой воде показало, что по сравнению с контролем на всех участках отбора концентрации обнаруженных нефтепродуктов значительно выше, а на двух (точки 4, 5) превышают норму (0.3 мг/дм³) гигиенического норматива ГН 2.1.5.1315–03⁷. Таким образом, содержание повышенных концентраций нефтепродуктов в талой воде исследуемых участков представляет опасность для окружающей среды, которые с талыми водами могут попадать в водоемы и оказывать токсическое действие на водные экосистемы.

Из табл. 5 также видно, что содержание хлорид-ионов в талой воде исследуемых улиц значительно выше, чем в контроле. Наличие большого количества хлорид-ионов в талой воде указывает на то, что для борьбы с оледенением автотранспортных магистралей в зимний период времени активно используется песчано-солевая смесь на основе технической поваренной соли (минерал галит) для повышения коэффициента сцепления с дорожным покрытием. Широкое использование хлорида натрия в качестве антигололедного средства по сравнению с другими средствами на основе хлоридов (CaCl₂, MgCl₂) объясняется, прежде всего, его дешевизной, но при этом поваренная соль является довольно токсичным элементом [16, 17]. Содержание в фильтрованной талой воде в избыточном количестве хлорид-ионов свидетельствует о том, что часть песчано-солевой смеси попадает в снежный покров придорожной территории. При таянии снега весной водорас-

⁷ ГН 2.1.5.1315-03 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования". Утвержден Главным государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/41/41363/>



Рис. 3. Индекс токсичности отфильтрованных проб талой воды.

творимый NaCl попадает в почву, в бассейны поверхностных водоемов, что грозит ухудшением состояния многих компонентов экосистем, в том числе и засолением почв [6, 11].

На последнем этапе исследований была проведена оценка интегральной токсичности (индекса токсичности) отфильтрованных проб талой воды на люминометре “Биотокс-10М”. Результаты представлены на рис. 3.

Видно, что образцы талой воды придорожных территорий ул. Лакина (М7), ул. В. Дуброва, Рокадной дороги, Лыбедской магистрали являются токсичными, а ул. 1-Никольской – высокотоксичным. Только проба талой воды ул. Мира (контроль) имеет допустимый уровень токсичности. Таким образом, большая часть снега и талого стока на расстоянии 3 м от проезжей части имеет токсичный уровень, поэтому снег с данной территории должен быть утилизирован, вывезен на специальные полигоны и очищен перед сбросом в поверхностные водоемы.

Полигоны должны быть полностью гидроизолированы, а площадки приема снега отделены от подстилающего грунта водонепроницаемым материалом, чтобы исключить попадание неочищенных талых вод в почву. Для очистки загрязненных талых вод, рядом с полигоном должны располагаться очистные сооружения с технологией двухступенчатой фильтрации.

Но в реальности токсичный снег с городских придорожных территорий поступает не на специальные полигоны, а на объекты приема снега (снежные свалки), которые не оборудованы ни очистными сооружениями, ни системами водо-

отведения, либо снег тает непосредственно на территории города. Так, во Владимире снег вывозят на Владимирскую станцию по утилизации снега в Михайловском овраге, территориально расположенную между ул. Гастелло и ТЦ “Ивановские мануфактуры”. В качестве природоохранного мероприятия на станции осуществлена обваловка территории, чтобы талые воды не попадали весной в окружающую среду. Площади данной станции хватает для вывоза снега из города в зимний период, но никаких очистных сооружений (оборудования для отстаивания и фильтрации талой воды) не предусмотрено. Таким образом, никаких экологических технологий по очистке загрязненных снежных масс в городе на сегодняшний день нет. Вся загрязненная талая вода через системы водоотведения попадает в природные среды, главным образом в поверхностные водоемы, нанося непоправимый вред всей живой среде. Обустройство станции по утилизации снега во Владимире очистными сооружениями должно стать приоритетной задачей как для администрации города, так и для природоохранных органов.

ВЫВОДЫ

Исследованием установлено, что наибольшее содержание таких токсикантов, как тяжелые металлы, находится в твердом осадке талых вод, тогда как в фильтрате талых вод их содержание незначительно, что обусловлено слабощелочной реакцией талой воды придорожных территорий.

Во всех пробах талой воды придорожных территорий, за исключением контроля, выявлено

повышенное солесодержание, связанное прежде всего с применением в качестве антигололедного средства песчано-солевой смеси на основе хлорида натрия, оказывающего токсическое действие на водные, растительные и почвенные экосистемы.

В талой воде из проб снега, отобранных на исследуемых улицах, выявлено повышенное содержание нефтепродуктов, действие паров которых может вызвать токсическое действие как на живые почвенные, так и водные организмы.

Оценка интегральной токсичности отфильтрованных проб талой воды показала, что все они являются токсичными, а проба с ул. 1-й Никольской — высокотоксичной, что связано, прежде всего, с высокими концентрациями в них нефтепродуктов и хлорида натрия.

Для снижения антропогенной нагрузки на почвы придорожных территорий необходимо сократить применение токсичных реагентов, использовать, по-возможности, другие более инертные химические соединения, а снег с этих территорий должен быть утилизирован — вывезен на специальные полигоны и очищен перед сбросом в поверхностные водоемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бондаревич Е.А.* Оценка техногенного загрязнения городской среды Читы по состоянию снежного покрова // Лед и Снег. Прикладные проблемы. 2019. Т. 59. № 3. С. 389–400.
2. *Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д.* Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1995. 250 с.
3. *Воронцова А.В., Нестеров Е.М.* Геохимия снежного покрова в условиях городской среды // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2012. № 147. С. 125–132.
4. *Кренделев Ф.П., Бордонский Г.С.* Геохимические и дистанционные поиски в зимний период // Геохимические критерии прогнозной оценки оруденения: сб. статей. Новосибирск: СО Наука, 1990. 224 с.
5. *Кулагина Е.Ю., Краснощёков А.Н.* Анализ значимых показателей погоды на территории Владимирской области // Экология речных бассейнов: Тр. IX Междунар. научно-практ. конф. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2018. С. 534–540.
6. *Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Хайбрахманов Т.С.* Экологические последствия применения противогололедных реагентов для почв Восточного округа Москвы // Вестник Московского университета. Сер. 5: География. 2016. № 3. С. 40–49.
7. *Рухтер Г.* Роль снежного покрова в физико-географическом процессе. Серия Тр. института географии АН СССР. Вып. XL М.-Л.: АН СССР. 1948 г. 172 с.
8. *Селезнев А.А., Ярмошенко И.В., Малиновский Г.П., Баглаева Е.М.* Оценка запасов современных пыле-грязевых отложений на урбанизированной территории (на примере г. Екатеринбурга) // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2018. № 3 (23). С. 74–85.
9. *Стрельникова Е.Б., Русских И.В., Кадычагов П.Б.* Состав органических компонентов снегового покрова в районах Томской области с различной техногенной нагрузкой // Химия в интересах устойчивого развития. 2018. Т. 26. № 2. С. 203–210.
10. *Трифорова Т.А., Подолец А.А., Селиванов О.Г., Марцев А.А.* Оценка загрязнения почв рекреационных территорий промышленного города соединениями ТМ и мышьяка // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 2. С. 94–101.
11. *Тюрина И.М., Патрушев Н.В., Наумов Д.Ю.* Влияние противогололедных реагентов на окружающую среду урбанизированных территорий // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 228–232.
12. *Aerosol chemical processes in the environment.* Spurny K.R (ed.), Boca Raton: CRC Press, 2000. 600 p.
13. *Apeagyei E., Bank M.S., Spengler J.D.* Distribution of heavy metals in road dust along an urban-rural gradient in Massachusetts // Atmospheric Environment. 2011. № 45 (13). P. 2310–2323.
14. *Martsev A., Selivanov O.* Assessment of the Roadside Soil Pollution by Vehicles at the New Road Section // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. V. 246. P. 870–877.
15. *Martsev A., Selivanov O.* Ecological – hygienic soil assessment of the federal highway roadside areas // E3S Web of Conf. Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019. 2019. № 01044.
16. *Rust P., Ekmekcioglu C.* Impact of salt intake on the pathogenesis and treatment of hypertension // Adv. Exp. Med. Biol. 2017. V. 956. P. 61–84. https://doi.org/10.1007/5584_2016_147
17. *Sodium Intake for Adults and Children. Guideline.* Geneva: WHO, 2012. 46 p.
18. *Vitkalova I., Torlova A., Pikalov E., Selivanov O.* Development of environmentally safe acid-resistant ceramics using heavy metals containing waste // MATEC Web of Conf. ESCI 2018. 193, 03035.
19. *Wei B., Jiang F., Li X., Mu S.* Contamination level assessment of potential toxic metals in road dust deposited in different types of urban environment // Environmental Earth Sciences. 2010. V. 61. P. 1187–1196.

ASSESSMENT OF SNOW COVER TOXICITY IN THE ROADSIDE TERRITORIES OF VLADIMIR

T. A. Trifonova^{a,b}, Yu. N. Kurbatov^b, I. N. Kurochkin^{b,#}, O. V. Savel'ev^b, O. G. Selivanov^b,
and A. A. Martsev^b

^a Lomonosov Moscow State University,
Leninskie Gory, 1, Moscow, 119991 Russia

^b Vladimir State University,
ul. Gor'kogo, 87, Vladimir, 600000 Russia

[#]E-mail: ivan33vl@yandex.ru

The level of snow cover toxicity in the roadside territories of the streets with the most intense traffic in Vladimir was assessed. A number of general chemical indicators of meltwater obtained from the snow of roadside areas have been studied and possible pollutants that can affect the toxicity of snow cover have been identified. The highest content of heavy metals was found in the solid sediment obtained from meltwater filtration. High concentrations were detected for Cu and Ni depending on the sampling points, and the concentrations above the established norms were revealed for As and Co. The content of heavy metals is insignificant in the meltwater filtrate, which is due to the slightly alkaline reaction of the meltwater in the roadside territories. Increased salinity was found in the meltwater, which is primarily due to the use of a sand-salt mixture based on sodium chloride as an anti-icing agent. Determination of the content of petroleum products in meltwater revealed their high concentrations in all streets studied as compared with the control. The assessment of the total integral toxicity of filtered melt water samples by biotesting proved all of them to be toxic. To reduce the anthropogenic load on soils in roadside territories, the snow from these territories should be removed to special landfills and cleaned before dumping into surface reservoirs to the established standards.

Keywords: snow cover, roadside area, heavy metals, deicing materials, sodium chloride, petroleum products, integral toxicity, environmental hazard

REFERENCES

1. Bondarevich, E.A. *Otsenka tekhnogennoho zargyazneniya gorodskoi sredy Chity po sostoyaniyu snezhnogo pokrova* [Assessment of technogenic pollution of the Chita urban environment according to the state of the snow cover]. *Led i sneg. Prikladnye problemy*, 2019, vol. 59, no. 3, pp. 389–400. (in Russian)
2. Vasilenko, V.N., Nazarov, I.M., Fridman, Sh.D. *Monitoring zagryazneniya snezhnogo pokrova* [Monitoring of snow cover pollution]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1995, 250 p. (in Russian)
3. Vorontsova, A.V., Nesterov, E.M. *Geokhimiya snegovogo pokrova v usloviyakh gorodskoi sredy* [Geochemistry of snow cover in urban environment]. // *Izvestiya RGPU im. A.I. Gertsena*, 2012, no.147, pp. 125–132 (in Russian)
4. Krendelev, F.P. Bordonskii, G.S. *Geokhimicheskie i distantsionnye poiski v zimnii period* [Geochemical and remote search in winter]. *Gokhimicheskie kriterii prognoznoi otsenki orudneniya: sb.statei* [Geochemical criteria for predictive assessment of mineralization: collection of articles]. Novosibirsk, SO Nauka Publ., 1990, 224 p. (in Russian)
5. Kulagina, E. Yu., Krasnoshchekov, A.N. *Analiz znachimykh pokazatelei pogody na territorii Vladimirskoi oblasti* [Analysis of significant weather indicators in the territory of Vladimir region]. *Ecology of river basins. Proc. IX Int. Sci. and Pract. Conf. Vladimir, VISU Publ.*, 2018, pp. 534–540. (in Russian)
6. Nikiforova, E.M., Kosheleva, N.E., Khaibrakhmanov, T.S. *Ekologicheskie posledstviya primeneniya protivogolelednykh reagentov dlya pochv Vostochnogo okruga Moskvy* [Environmental consequences of the use of deicing reagents for the soils of the Eastern district of Moscow]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 5: Geografiya*, 2016, vol. 3, pp. 40–49. (in Russian)
7. Rikhter, G.D. *Rol' snezhnogo pokrova v fiziko-geograficheskom protsesse* [The role of snow cover in the physico-geographical process]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1989, pp. 189. (in Russian)
8. Seleznev, A.A., Yarmoshenko, I.V., Malinovskii, G.P., Baglaeva, E.M. *Otsenka zapasov sovremennykh pylegryazevykh otlozhenii na urbanizirovannoi territorii (na primere g. Yekaterinburga)* [Estimation of reserves of modern dust and mud deposits in the urbanized area (by the example of Yekaterinburg)]. *Biosfernaya sovremistost': chelovek, region, tekhnologii*, 2018, vol. 3 (23), pp. 74–85. (in Russian)
9. Strel'nikova, E.B., Russkikh, I.V., Kadychagov, P.B. *Sostav organicheskikh komponentov snegovogo pokrova v raionakh Tomskoi oblasti s razlichnoi tekhnogennoi nagruzko* [Composition of organic components of snow cover in areas of the Tomsk region with various technogenic loads]. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya*, 2018, vol. 26, no. 2, pp. 203–210. (in Russian)
10. Trifonova, T.A., Podolets, A.A., Selivanov, O.G., Martsev, A.A. *Otsenka zagryazneniya pochv rekreatsionnykh territorii promyshlennogo goroda soedineniyami TM*

- i mysh'yaka* [Assessment of soil contamination of recreational areas of an industrial city with compounds of heavy metals and arsenic]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2018, vol. 2, pp. 94–101. (in Russian)
11. Tyurina, I.M., Patrushev, N.V., Naumov, D.Yu. *Vliyaniye protivogolodnykh reagentov na okruzhayushchyuyu sredy urbanizirovannykh territorii* [The effect of deicing reagents on the environment of urbanized territories]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala*. 2017, vol. 17, pp. 228–232. (in Russian)
 12. Aerosol chemical processes in the environment. Spurny, K.R., Ed., Boca Raton: CRC Press, 2000. 600 p.
 13. Apeageyi, E., Bank, M. S., Spengler, J. D. Distribution of heavy metals in road dust along an urban-rural gradient in Massachusetts. *Atmospheric Environment*, 2011, no. 45 (13), pp. 2310–2323.
 14. Martsev, A., Selivanov, O. Assessment of the roadside soil pollution by vehicles at the new road section. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2022, vol. 246, pp. 870–877.
 15. Martsev, A., Selivanov, O. Ecological–hygienic soil assessment of the federal highway roadside areas. *E3S Web of Conferences. Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019*, 2019, C. 01044.
 16. Rust, P., Ekmekcioglu, C. Impact of salt intake on the pathogenesis and treatment of hypertension. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 2017, vol. 956, pp. 61–84. https://doi.org/10.1007/5584_2016_147.
 17. Sodium Intake for Adults and Children. Guideline. Geneva: WHO, 2012, 46 p.
 18. Vitkalova, I., Torlova, A., Pikalov, E., Selivanov, O. Development of environmentally safe acid-resistant ceramics using heavy metals containing waste. *MATEC Web of Conferences. ESCI*, 2018, 193, 03035.
 19. Wei, B., Jiang, F., Li, X., Mu, S. Contamination level assessment of potential toxic metals in road dust deposited in different types of urban environment. *Environmental Earth Sciences*, 2010, vol. 61, pp. 1187–1196.