

ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ И ОЦЕНКИ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСОВ

Водянова М.А.¹, Ушакова О.В.¹, Донерьян Л.Г.¹, Евсеева И.С.¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, e-mail: lab.pochva@mail.ru

Проведен анализ литературных данных о проблемах применения и оценки противогололедных препаратов в крупных городах России. Исследования, проводимые в разные периоды времени и в разных мегаполисах, показали, что применение противогололедных реагентов сопровождается значительным их влиянием на объекты окружающей среды и человека. Большое внимание уделено оценке снеговых проб как одному из наиболее часто применяемых методов оценки качества почв урбанизированных территорий. Практически все данные по оценке снеговых масс в различных городах Российской Федерации показывают однородность состава его загрязнителей – это в основном тяжелые металлы, хлориды. Изменение природного химического баланса почв вследствие увеличения концентраций хлоридов приводит к подавлению роста и развития растений. Угнетающее воздействие солей проявляется в функциональных нарушениях растений: изменяется структура хлоропластов, меняется процесс фотосинтеза. А также показана значимость токсикологических исследований при оценке как самих противогололедных реагентов, так и снеговых проб. Экспериментальные токсикологические исследования доказывают, что изученная группа реагентов оказывает повреждающее действие на организм лабораторных животных. Обозначена необходимость проведения детального анализа уровня, структуры и динамики заболеваемости населения болезнями органов дыхания с целью оценки риска воздействия противогололедных материалов на здоровье детей и взрослых. Также отмечена важность изучения действия реагентов в виде солевого аэрозоля.

Ключевые слова: противогололедный материал, заболеваемость, болезни органов дыхания, токсикология, снеговые пробы, растения.

THE PROBLEM OF APPLICATION AND ASSESSMENT OF DEICING AGENTS IN THE CONDITIONS OF MEGAPOLIS

Vodyanova M.A.¹, Ushakova O.V.¹, Donerjan L.G.¹, Evseeva I.S.¹

¹Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: lab.pochva@mail.ru

Literature data about the problem of deicing agents use and its assessment in large cities of Russia are analyzed. Studies conducted at different periods of time and in different big urban centers have shown that the use of deicing agents led to a significant effect on the objects of the environment and humans. A great attention is paid to the evaluation of snow samples as one of the most commonly used methods for assessing the quality of soils in urban areas. Almost all snow samples estimates from different cities of the Russian Federation show the homogenous composition of pollutants the main compounds are heavy metals and chlorides. The change in the natural chemical balance of soils due to an increase in chloride concentrations leads to suppression of the growth and development of plants. The inhibiting effect of salts is manifested in functional disorders of plants: the structure of chloroplasts changes, the process of photosynthesis changes. And also the significance of toxicological studies in the evaluation of both the anti-ice reagents and snow samples is shown. Experimental toxicological studies prove that the studied group of reagents has a damaging effect on the organism of laboratory animals. It is necessary to conduct a detailed analysis of the level, structure and dynamics of the incidence of respiratory diseases in order to assess the risk of exposure to anti-icing materials on the health of children and adults. It was also noted the importance of studying the action of reagents in the form of a salt aerosol.

Keywords: deicing agent, morbidity, respiratory diseases, toxicology, snow samples, plants.

Использование в городах противогололедных материалов (ПГМ) в зимний период весьма актуально для многих стран и направлено на снижение травматизма и сокращение дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Для достижения высоких результатов используется системный подход, подразумевающий своевременный выбор наиболее

результативного, экономически целесообразного и экологичного метода обработки дорог. Выбор метода также обусловлен погодными условиями. В связи с этим существуют принципиальные различия в видах применяемых материалов, их составе и технологиях обработки дорог [1]. Согласно нормативным документам все применяемые в Российской Федерации ПГМ должны иметь санитарно-эпидемиологическое заключение, которое учитывают при принятии решения о применении того или иного реагента. Общеизвестно, что ПГМ представляют собой химически активные вещества, вызывающие коррозию металлических деталей и конструкций. В научной литературе широко освещены вопросы применения ПГМ с технической точки зрения, имеются работы по изучению влияния ПГМ на самолеты, автотранспорт, дорожное покрытие и прочее. Большое внимание уделяется изучению влияния ПГМ на почвенный покров и высшие растения.

Несмотря на длительный временной период применения ПГМ, литературные источники содержат противоречивые сведения об их влиянии на здоровье населения, объекты окружающей среды (почву и сопредельные с ней среды), домашних животных и др. Достаточно широко в литературе описано влияние ПГМ на растительность, произрастающую вдоль дорожных полотен. Высокие концентрации хлоридов изменяют природный химический баланс почв, тем самым способствуют подавлению роста и развития растений. Так, угнетающее воздействие ПГМ проявляется в их функциональных нарушениях: изменяется структура хлоропластов, уменьшается содержание крахмала, меняется процесс фотосинтеза. Перечисленные выше факторы приводят к снижению продуктивности растений, репродукции и видоизменению придорожных сообществ [2].

В Европе применение химических реагентов для борьбы со скользкостью началось с 1947 г. в Швеции, где основным способом борьбы с гололедом являлся мокрый разлив хлорида натрия. Позднее использование смеси СМА (кальциево-магниевый ацетат) показало эффективные результаты, в том числе отсутствие коррозии стальных конструкций. Такой метод был востребован и в ряде других европейских стран, а также в США. Система противогололедной обработки дорог в Финляндии представляет наибольший интерес из-за сходства климатических условий с российскими. В этой стране используется превентивная обработка дорожного полотна, предупреждающая образование гололедицы. Именно здесь было предложено использовать органические химические противогололедные материалы, имеющие кратковременный эффект вследствие их быстрого разложения. В Республике Беларусь используют отходы калийного производства, содержащие смесь хлоридов и сульфатов.

Следует отметить, что наряду с использованием химических реагентов могут применяться и термические методы для устранения наледи, имеющие ряд преимуществ, в

том числе отсутствие негативного воздействия на объекты окружающей среды. Однако высокая стоимость внедрения таких технологий осложняет переход от использования реагентов.

Традиционно в российских городах используются различные группы ПГМ: минеральный концентрат – галит; пескосоляная смесь (ПСС), состоящая из песка, отсева и технической соли; мраморная крошка (кальцит) с добавлением хлорида натрия и антикоррозийного ингибитора; гранитный щебень, на основе композиции хлористого кальция и натрия и другие. Некоторые производители в составе ПГМ указывают биофильные добавки, акцентируя внимание на безопасности реагента для окружающей среды.

Методология изучения ПГМ различается в зависимости от целей – объектами исследований могут быть чистые материалы, поставляемые производителями; снеговые массы, отбираемые с тротуаров и дорожных полотен; почвы после снеготаяния и растительность на этих почвах. При этом использование противогололедных материалов напрямую связано с возможностью контакта с ними человека на всех этапах их применения. Учитывая, что составляющим веществом многих ПГМ является натрий хлорид технический, который по степени воздействия на организм человека характеризуется как умеренно опасное вещество и относится к 3-му классу, необходимо предусматривать соблюдение соответствующих мер безопасности. И если на предприятиях по производству ПГМ и при их использовании для работников специальных служб предусмотрены меры защиты, то жители мегаполисов остаются не защищенными от возможного вредного воздействия данных веществ.

Цель исследования. Оценить приоритетные пути воздействия противогололедных материалов на здоровье населения, а также провести анализ заболеваемости населения г. Москвы болезнями органов дыхания.

Материал и методы исследования. В основу настоящей работы положены анализ данных по токсиколого-гигиенической оценке степени опасности антигололедных реагентов [3] и статистические сведения о заболеваемости населения г. Москвы, предоставленные Департаментом здравоохранения г. Москвы, а также экспериментальное изучение снежных проб методами биотестирования.

Снежные пробы отобраны с территорий различных административных округов города Москвы в первом квартале 2018 года.

Экотоксикологическую оценку снежных проб проводили с помощью традиционных биотестов: дафний (*Daphnia magna Straus*), инфузорий (*Tetrahymena pyriformis*), светящихся бактерий «Эколюм», семян пшеницы яровой (*Triticum vulgare*) и культуры клеток

млекопитающих в соответствии с методическими указаниями.

Изучение токсических свойств противогололедных материалов заключалось в анализе характера токсического действия и выявлении наиболее поражаемых органов, функций и систем организма (по биохимическим, морфологическим показателям, иммунному статусу, аллергенному действию), оценке раздражающего действия ПГМ на лабораторных животных.

Результаты исследования и их обсуждение

По влиянию на выживаемость дафний все исследуемые образцы снеговых проб не проявляли острого токсического воздействия, то есть во всех образцах в течение 48 часов не наблюдалось гибели дафний. По влиянию на генеративную (ростовую) функцию инфузорий 50% образцов снеговых проб проявили токсичность средней величины. По функции свечения биосенсора «Эколюм» проявление слабой токсичности наблюдалось в 23% снеговых проб. В остальных образцах токсического воздействия на свечение бактерий не наблюдалось, практически везде отмечалась стимуляция свечения, что свидетельствует об отсутствии токсического влияния испытуемых проб.

Экспериментальные данные свидетельствуют об отсутствии фитотоксичности во всех исследованных пробах снега. Практически во всех пробах выявлена различная степень стимулирующей активности талой воды. При биотестировании образцов также установлено цитотоксическое действие в эксперименте *in vitro* с использованием суспензионной культуры сперматозоидов быка для 20% изученных проб.

Следует отметить, что методы биотестирования являются вспомогательными в системе экотоксикологической оценки различных веществ и препаратов, в том числе противогололедных материалов и снежных проб, в состав которых входят компоненты ПГМ.

В работе С.Б. Чудаковой [3] по итогам проведенных острых и подострых экспериментов определены приоритетные пути воздействия противогололедных материалов на здоровье населения, изучено кожно-резорбтивное и аллергенное действие препаратов на организм теплокровных животных (крыс, мышей, морских свинок, кроликов). В работе показано, что все реагенты вне зависимости от химического состава в максимальной дозе оказывали выраженное токсическое действие на организм теплокровных животных, проявляющееся в изменении ряда показателей периферической крови, биохимических показателей сыворотки крови, печени и почек, морфологических показателей. Однако наиболее выраженное токсическое действие на организм животных оказывали препараты, основой которых является хлорид кальция.

Изучение влияния ПГМ на специфические иммунологические показатели выявило слабо выраженные иммунотоксические свойства веществ в высоких дозах, что проявляется в виде угнетения гуморального звена иммунитета у экспериментальных животных, а нативные

препараты обладают раздражающим действием на слизистую оболочку глаз кролика, проявляющимся в гиперемии конъюнктивы выраженностью в 3 балла, отеком век в 2 балла.

Оценка возможного аллергенного действия ПГМ в эксперименте сенсибилизации организма лабораторных животных показала, что все ПГМ в высоких дозах способны вызывать гиперчувствительность замедленного типа, проявляющуюся в раздражающем действии на кожные покровы.

Кроме того, в работе С.Б. Чудаковой показано, что снеговой покров оказывает повреждающее токсическое воздействие на внутренние органы экспериментальных крыс как при проникновении его через неповрежденную кожу (кожно-резорбтивное действие), так и при спаивании снегового расплава [3].

Очевидно, что комплексная оценка безопасности как противогололедных материалов, так и снегового покрова может быть дана с учетом различных путей распространения и миграции веществ, предусмотренных гигиеническими исследованиями. Однако при изучении проб, отобранных в натуральных условиях, следует учитывать сопутствующие факторы, мешающие объективной оценке качества объектов окружающей среды.

Безусловно, применение противогололедных материалов вносит определенный вклад в изменение объектов окружающей среды (в частности, может быть причиной токсичности снеговых проб) [4]. Снег является эффективным накопителем органических и неорганических соединений в виде твердых частиц и аэрозольных загрязняющих веществ [5, 6], но дифференцировать вклад ПГМ и других источников загрязнения снеговых масс в мегаполисах достаточно трудно.

В работах по изучению снежного покрова и атмосферных осадков в крупных городах отмечено, что химический состав проб и их токсичность обусловлены ростом численности автотранспортных средств и наличием специфических производственных мощностей на обследуемой территории [7, 8]. Например, в работе А.В. Леванчука показано, что сжигание топлива при эксплуатации автомобильного транспорта на территории г. Санкт-Петербурга приводит к выделению в атмосферный воздух 49,8 т высокотоксичных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), а также 11 тыс. т соединений тяжелых металлов [9].

В 2009 г. проведена оценка последствий применения ПГМ в г. Москве. Для исследований отбирали образцы снежной массы с остатками ПГМ с некоторых дорог Юго-Западного и Восточного округов г. Москвы, а также образцы снежной массы, налипшей на брызговики автомобилей. Результаты работы показали высокое содержание тяжелых металлов и токсичных соединений в образцах в сочетании с высокой минерализацией и повышенной щелочностью дорожных осадков, что обуславливает их повышенную агрессивность к объектам окружающей среды [2, 10].

Немаловажно, что вследствие применения ПГМ происходят различные изменения в геологической среде города, меняется химический состав грунтов и подземных вод, что способствует подтоплению территорий [11, 12]. Изменение качества грунта в свою очередь может приводить к интенсивному пылению в весенне-летний период года.

Большое количество работ посвящено оценке аэрозольного воздействия атмосферного воздуха, загрязненного выбросами автотранспорта, а также пылевыми частицами, содержащимися в воздухе больших городов, но без дифференциации вклада различных компонентов загрязнения воздуха в зимнее время, когда к выбросам автотранспорта присоединяется еще и наличие ПГМ.

В связи с этим оценка уровня первичной заболеваемости населения бронхолегочными заболеваниями и аллергическими заболеваниями может служить своеобразным биологическим индикатором экологического благополучия города. В диссертации А.В. Леванчука установлена зависимость уровня заболеваемости органов дыхания, сердечно-сосудистых и онкологических патологий, сокращения общей продолжительности жизни от состояния окружающей среды, в частности от загрязнения атмосферного воздуха [9].

Для оценки риска воздействия ПГМ на здоровье детей и взрослых в нашей работе проведен первичный эпидемиологический анализ уровня и динамики заболеваемости населения г. Москвы болезнями органов дыхания и аллергическими заболеваниями кожи.

В качестве индикаторных заболеваний из болезней органов дыхания населения были выбраны бронхиальная астма и аллергический ринит. Отмечено, что в 2014 г. в г. Москве выросла заболеваемость аллергическим ринитом среди детей в возрасте от 0 до 14 лет на 27% по сравнению с 2013 г., а в 2015 г. – еще на 17% по сравнению с 2014 г., также отмечен рост заболеваемости бронхиальной астмой в 2014 г. по сравнению с 2013 г. на 16% в этой же группе. Отмечен также рост заболеваемости астмой и аллергическим ринитом в группе подростков в возрасте от 15 до 17 лет в 2014 г. Так, первичная заболеваемость астмой увеличилась практически в 2 раза – с 88,1 до 168,8 на 100 000 населения. В 2015 г. она снизилась до 137,6 на 100 000 населения, но все равно оставалась достаточно высокой по сравнению с 2013 г. В этот период отмечен также рост случаев контактного дерматита практически в 2 раза в этой группе населения, который оставался достаточно высоким в 2015 г. Первичная заболеваемость среди взрослого населения не имеет такой выраженной динамики.

Рост первичной заболеваемости органов дыхания и аллергической патологии кожи среди детского населения не случаен, так как дети особенно уязвимы перед экологическими угрозами в период их роста и развития иммунной системы.

Учитывая тот факт, что данные были предоставлены по годам без деления их на

сезоны и месяцы, не представляется возможным отследить изменение заболеваемости в зимний период. Также планируется изучение уровня заболеваемости по районам г. Москвы с целью выявления наиболее проблемных территорий и установления зависимости между загрязнением компонентами ПГМ снеговых масс, атмосферного воздуха, почвы и заболеваемостью органов дыхания и аллергическими заболеваниями населения, проживающего на данной территории.

Заключение. Проведенные в настоящее время экспериментальные токсикологические исследования недоучитывают некоторые особенности применения ПГМ (например, то, что большая их часть поступает в окружающую среду в виде аэрозолей). Учитывая объемы и масштабы применения противогололедных материалов в зимний период времени, целесообразно актуализировать подходы к их токсикологической оценке.

В связи с этим необходимо проведение комплексного изучения воздействия ПГМ в виде аэрозолей на здоровье населения и объекты окружающей среды в натуральных и модельных условиях с целью уточнения видов реагентов, допускаемых к использованию на объектах дорожного хозяйства, и технологии их применения.

Актуальным сравнением может быть опыт применения солевого аэрозоля в галотерапии, приоритетным компонентом которого является хлорид натрия. В литературе описаны наблюдения, отражающие эффективность галотерапии в медицинской реабилитации, в том числе детей. Однако существуют ряд противопоказаний к галотерапии и индивидуальная непереносимость солевого аэрозоля. Немаловажную роль также играют технологические особенности генерации и способы подачи самих аэрозолей.

Кроме того, крайне мало работ, посвященных причинно-следственной связи применения ПГМ и роста бронхолегочных заболеваний. Поэтому необходимо провести детальный анализ уровня, структуры и динамики заболеваемости населения болезнями органов дыхания с целью оценки риска воздействия ПГМ на здоровье детей и взрослых.

В связи с этим в настоящее время специалистами ФГБУ «ЦСП» Минздрава России ведутся работы в данном направлении.

Список литературы

1. Автомобильные дороги и мосты. Противогололедные материалы для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и городских улицах. Обзорная информация // Федеральное государственное унитарное предприятие «Информационный центр по автомобильным дорогам». 2006. №4. [Электронный ресурс]. URL: http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/538443/avtomobilnye_dorogi_i_mosty_protivogololednye_mate

rialy_dlya_borby_s_zimnei.pdf (дата обращения: 13.09.2018).

2. Королев В.А., Соколов В.Н., Самарин Е.Н. Оценка эколого-геологических последствий применения противогололедных реагентов в г. Москве // Инженерная геология. 2009. № 3. С.34-43.
3. Чудакова С.Б. Токсиколого-гигиеническая оценка степени опасности антигололедных реагентов: дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2006. 199 с.
4. Сазонова О.В., Сухачева И.Ф., Дроздова Н.И., Исакова О.Н., Сухачев П.А., Вистяк Л.Н. Мониторинг качества снегового покрова, как составляющей среды обитания населения г. Самары // Фундаментальные исследования. 2014. № 10-1. С.174-179.
5. Белова Е. А., Ковальчук Н. В. Оценка загрязненности снежного покрова города Гродно // «Живые и биокосные системы». 2013. № 3; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-11> (дата обращения: 23.09.2018).
6. 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. № 6. С. 52-54.
7. Сазонова О.В., Исакова О.Н., Сухачев П.А., Сухачева И.Ф., Дроздова Н.И. Экспериментальные токсиколого-гигиенические исследования снегового покрова административных районов города Самары // Здоровье населения, качество жизни и социально-гигиенический мониторинг. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. № 5. С. 943-948.
8. Воронцова А.В., Нестеров Е.М. Геохимия снегового покрова в условиях городской среды // Известия Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена. 2012. № 147. С.125-132.
9. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В. Количественная пространственно-временная оценка загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух в результате сгорания топлива автомобильного транспорта // Гигиена и санитария. 2016. № 95(11). С.1021-1024.
10. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Хайбрахманов Т.С. Экологические последствия применения противогололедных реагентов для почв Восточного округа Москвы // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2016. № 3. С.40-49.
11. Д.В. Юсупов Д.В., Степанов В.А., Трутнева Н.В., Могилев А.А. Минеральный и геохимический состав твердого осадка в снеговом покрове г. Благовещенск // Известия Томского политехнического университета. Геоэкология. 2014. № 1. С.184-189.
12. Янченко Н.И., Яскина О.Л. Особенности химического состава снежного покрова и атмосферных осадков в городе Братске // Известия Томского политехнического

университета. Химия. 2014. № 3. С.27-34.