

УДК 58(06)  
ББК 28.5я431  
А43

Редакционная коллегия:

В. Н. Тихомиров (гл. ред.), В. Д. Поликсенова,  
В. В. Карпук, Д. В. Гельтман, Горан Аначков, А. Н. Сенников

Рецензенты:

кандидат биологических наук *Б. В. Адамович*;  
кандидат биологических наук *В. Н. Копиця*

**А43** **Актуальные** проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к 100-летию каф. ботаники БГУ, Респ. Беларусь, Минск, 31 мая 2021 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: В. Н. Тихомиров (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2021. – 248 с. ISBN 978-985-881-217-1.

Рассмотрены современное состояние и перспективы исследований по систематике, географии, экологии растений и грибов, взаимоотношениям между растениями и их паразитами, генетике, физиологии и биохимии растений.

Адресуется научным сотрудникам, преподавателям высших и средних специальных учебных заведений, аспирантам и студентам старших курсов профильных специальностей.

**УДК 58(06)**  
**ББК 28.5я431**

## О ПОСЛЕДСТВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНОГО РЕАГЕНТА ХЛОРИДА НАТРИЯ НА СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ ВДОЛЬ УЛИЦ И ДОРОГ В Г.МИНСКЕ

А. В. Судник<sup>1</sup>, А. П. Яковлев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Минск, Беларусь. E-mail: asudnik@tut.by

<sup>2</sup>Центральный ботанический сад НАН Беларуси

Минск, Беларусь. E-mail: a.yakovlev@cbg.org.by

Результаты проведенных исследований указывают, что основная причина ухудшения состояния насаждений вдоль улиц и дорог в г.Минске обусловлена техногенным загрязнением используемыми в зимний период компонентами противогололедных реагентов на основе хлорида натрия в сочетании с комплексом других негативных факторов. Описаны последствия воздействия загрязнения придорожных территорий ионами натрия и хлора на экологическое состояние почвы и растений в городских условиях.

**Ключевые слова:** Минск; улицы и дороги; придорожная территория; противогололедные реагенты (ПГР); хлорид натрия (NaCl); загрязнение; состояние.

## ABOUT CONSEQUENCES OF APPLICATION AS AN ANTIGLAZE REAGENT OF SODIUM CHLORIDE ON STATE OF PLANTINGS ALONG STREETS AND ROADS IN MINSK

A. V. Sudnik, A. P. Yakovlev

<sup>1</sup>V.F.Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Science of Belarus,

Minsk, Belarus. E-mail: asudnik@tut.by

<sup>2</sup>Central Botanical Garden,

Minsk, Republic of Belarus. E-mail: a.yakovlev@cbg.org.by

The study results indicate that the main reason for deterioration of state of roadside plantings along streets and roads in Minsk is due to technogenic pollution by used in winter period components of antiglaze reagents containing sodium chloride as well as a combination of other negative factors. The consequences of pollution on roadside territories by sodium and chlorine ions on the ecological state of soil and plants in urban conditions were described.

**Key words:** road; roadside territory; antiglaze reagents (AGR); sodium chloride (NaCl); pollution; state

В Республике Беларусь в качестве противогололедного реагента (далее – ПГР) используется соль техническая галит, на 96-98% состоящая из хлорида натрия (NaCl), в чистом виде или в смеси с песком (преимущественно в соотношении 1:1). В результате снегоуборочных работ, с дорожными стоками и при воздушно-капельном переносе солей происходит их поступление в окружающую среду. В результате проведенных в Институте экспериментальной ботаники имени В.Ф.Купревича Национальной академии наук Беларуси исследований установлена достоверная значимая корреляционная зависимость состояния древостоев, произрастающих на опушках вдоль автомобильных дорог, от расхода соли в зимний период. Коэффициент корреляции составляет -0,52-0,60 [1]. Чем больше вносится соли в качестве ПГР, тем хуже состояние.

Использование хлорида натрия в качестве ПГР, в особенности с

превышением предельных норм и в сочетании с другими негативными факторами, как связанными, так и не связанными с эксплуатацией дорог, неизбежно ведет к ослаблению и деградации придорожных экосистем [2]. Солевые компоненты ПГР (ионы натрия и хлора) в больших концентрациях токсичны для всех компонентов биогеоценозов [3]. Внедрение их в биоцикл придорожных насаждений происходит при попадании в виде аэрозолей при движении транспорта и непосредственно при уборке снега. Весной часть солей, аккумулированных в снеге, удаляется с талым стоком; оставшаяся часть идет на засоление почв. В теплый период года, по мере промывания атмосферными осадками, уровень засоления снижается, достигая минимума к началу осени.

Загрязнение растительности вблизи дорог происходит преимущественно аэральным путем [4]. Растительный покров, в первую очередь поверхность листьев и хвои, является начальным акцептором аэрального потока элементов. Воздушные потоки при обтекании растений и их органов разделяются, а содержащиеся в них твердые частицы, в силу инерции продолжая прямолинейное движение, ударяются о поверхность растений. Происходит импакция (влипание) частиц в растение. В результате импакции происходит очистка воздуха от аэрозольной нагрузки. Таким образом, хвоя и листья служат фильтром аэрозольных частиц. На поверхность деревьев соль попадает в результате разбрызгивания автомобилями талых вод и мокрого снега, насыщенных растворами и кристаллами солей. Турбулентные потоки воздуха, создаваемые движущимся транспортом, способствуют распространению водно-солевых аэрозолей вверх, и их оседанию на хвое и побегах деревьев. Большая часть их смывается и попадает в почву, вызывая засоление [5].

Хлориды в больших концентрациях токсичны для большинства видов растений. Осевшая на хвое и побегах соль вызывает их обезвоживание, а при проникновении в ткани – повреждение. Мелкодисперсные солевые частицы из противогололедных реагентов, оседая на хвое и побегах хвойных растений при прямом воздействии солнечных лучей вызывают солевой ожог. Под воздействием осевших солевых частиц происходит изменение анатомической, морфологической структуры, уменьшение количества хлорофилла, изменение физиолого-биохимических показателей, признаками которых являются некроз хвои и листьев, отставание в росте и развитии, преждевременное опадение хвои/листвы. Отличительной особенностью отрицательного воздействия ПГР на состояние лиственных деревьев и кустарников, произрастающих вдоль автодорог, состоит в повреждении вегетативных почек, а не листьев. Это приводит к образованию «розеточности» вегетативных побегов [3,5]. Воздействие хлоридов проявляется в биохимических нарушениях процессов ассимиляции и метаболизма в клетках растений, отмирании ткани и блокировке проводящих путей, что ведет к ослаблению и гибели всего растения.

Применение хлорида натрия в качестве ПГР ведет к загрязнению почв, влияющим на свойства эдафотопы путем изменения кислотных и ионообменных свойств органогенных горизонтов почв, изменения характера естественных миграционных потоков элементов в системе «почва-растение», что снижает возможность усвоения влаги растениями. Следствием применения хлорида натрия в качестве ПГР является снижение кислотности и повышение щелочности почвенной среды (за счет накопления ионов Na), увеличение содержания хлоридов до токсичных для растений концентраций, емкости катионного обмена, осмотического давления почвенного раствора. Действие засоления на

растительные организмы связано с двумя причинами: ухудшением водного баланса и токсическим влиянием высоких концентраций солей.

Отрицательное действие солей на растения имеет комплексный характер и включает, по меньшей мере, две составляющие: осмотическую и токсическую. Осмотическое действие проявляется в пониженном поглощении воды и неблагоприятном изменении водно-солевого обмена в клетках и тканях. Засоление приводит к созданию в почве низкого (резко отрицательного) водного потенциала, поэтому поступление воды в растение сильно затруднено. С другой стороны, дефицит воды в тканях, являющийся результатом осмотического действия солей, может усугубляться их токсичностью, когда ионы в избытке накапливаются в цитоплазме клеток. Визуальное проявление токсичности можно наблюдать по образованиям на хвое и стеблях некрозов. Как правило, такой эффект хорошо выражен при внезапном увеличении концентрации солей в почве. Повышения концентрации солей в почвенном растворе ведет к изменению осмотического давления и затрудняет поступление в растения воды и питательных веществ даже при наличии доступной влаги [6]. В целом, при высоком содержании солей в почве происходит подщелачивание среды, в результате чего изменяется система питания растения, поступление питательных веществ в корни растений становится затруднительным (так как вещества становятся менее подвижными, а при увеличении уровня минерализации почвенного раствора уменьшается осмотическое давление). Кроме того, высокое содержание натрия вызывает структурные проблемы в почве. По мере увеличения содержания натрия в почве увеличивается риск диспергирования почвенных агрегатов, что препятствует движению воды и дренированию во всех видах почв, кроме самых песчаных. Таким образом, чрезмерное использование соляной смеси для борьбы с наледями негативно сказывается на состоянии зеленых насаждений в период вегетации.

Изменение концентрации в почве отдельных ионов способствует их поступлению по стволам и накоплению в листьях. Под влиянием натриевых солей происходят нарушения ультраструктуры клеток, в частности изменения в структуре хлоропластов. Вредное влияние высокой концентрации солей связано с повреждением мембранных структур, вследствие чего возрастает ее проницаемость, теряется способность к избирательному накоплению веществ. В этом случае соли поступают в клетки пассивно вместе с транспирационным током воды. Надо также учесть, что большая концентрация натрия препятствует накоплению других катионов, в том числе и таких необходимых для жизни растения, как калий и кальций. Другой стороной вредного воздействия солей является нарушение процессов обмена. Работами Б.П. Строганова [7] показано, что под влиянием солей в растениях нарушается азотный обмен, накапливается аммиак и другие ядовитые продукты.

Повышенные концентрации хлора являются токсичными для растений. «Порог токсичности», то есть предельное содержание хлора в почве составляет 100 мг/кг почвы, выше его начинается угнетение роста и развития растений [8]. Отрицательное воздействие проявляется в замедлении роста побегов, преждевременном опадении листьев и хвои, усыхании и гибели деревьев и кустарников, изменении видового состава фитоценоза. Увеличение содержания хлора в подстилке и почве оказывает отрицательное действие на активность почвенной микрофлоры и вызывает ее частичную гибель, с чем связано уменьшение ферментативной активности подстилки и почвы.

При посадке древесно-кустарниковых пород вдоль дорог следует отдавать

предпочтение тем породам, которые соответствуют условиям климата и почвенной среды конкретного местоположения и устойчивы к техногенным выбросам и засолению почв. По результатам ранее проведенных исследований и мониторинговым наблюдениям наиболее поврежденными среди оцениваемых пород оказались ольха черная, липа и береза; менее других повреждены вяз, дуб, клен. Низкое жизненное состояние ольхи черной объясняется ее приуроченностью к пониженным участкам, где дорога проходит, как правило, в насыпи, а также накоплением рассолов, стекающих в понижения. Липа и береза обладают низкой устойчивостью к воздействию компонентов противогололедных реагентов, по-видимому, из-за малой толщины коры 1–2 летних побегов и чешуек на почках, не способных противодействовать проникновению хлоридов. Более других пород оказываются поврежденными деревья ели, мелкие деревья и подрост сосны, многие хвойные растения, не сбрасывающие на зиму хвою (вплоть до полной гибели) [2,5].

В Институте экспериментальной ботаники имени В.Ф.Купревича НАН Беларуси разработана шкала солеустойчивости растений, т.е. способность растений переносить аэральное загрязнение соевыми растворами [5]; в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси разработана шкала солевыносливости растений, т.е. способность растений переносить загрязнение почвы легкорастворимыми солями [9].

Таким образом, все эти факторы, особенно в комплексе негативно сказываются на состоянии растений вдоль улиц и дорог в городских условиях, что приводит к ряду негативных последствий. Состояние насаждений вдоль улиц и дорог убеждает в необходимости принятия мер по поддержанию их устойчивости и функциональной эффективности. Разработанные рекомендации и комплекс мероприятий предназначены для проектировщиков, специалистов дорожной отрасли и зеленого строительства и могут быть учтены при корректировке действующих нормативных дорожно-методических документов по озеленению и благоустройству территорий вдоль улиц и дорог [10-12]. Общие принципы реализации предложенных рекомендаций можно свести к следующему:

– Одним из рациональных путей решения проблемы засоления прилегающих к автодорогам зеленых насаждений является подбор ассортимента представителей дикорастущих и культивируемых видов деревьев и кустарников флоры Беларуси, используемых при озеленении дорог и населенных пунктов, способных выдерживать усиливающуюся негативную антропогенную нагрузку, в том числе соляное загрязнение.

– Применение исключительно весенней посадки деревьев и кустарников, по возможности с закрытой корневой системой. При подготовке посадочного места его дно следует разрыхлить на глубину 10–15 см, а затем уложить слой крупнозернистого песка или щебня толщиной 15–25 см для обеспечения дренажа почвогрунта, прерывания капиллярного подъема минерализованных растворов к корням растений и поверхности почвы, изоляции корней от контакта с неблагоприятными грунтами и водами;

– Для повышения устойчивости растений к накоплению солей в почве проводится гипсование почв или замена почвогрунта. Гипсование почв позволяет удалить из почвы избыток обменного натрия, отрицательно влияющего в первую очередь на физические свойства почвы. В результате гипсования натрий, растворенный в почве, замещается кальцием. В итоге улучшаются физические, физико-химические и биологические свойства почвы, что благоприятно сказывается на ее плодородии.

– Обязательным условием является соблюдение требований к размещению высаживаемых растений (расстояние до проезжей части, размер лунок и пр.)

– Обязательна система уходов за уже посаженными растениями, включая обильный обмыв кроны сразу после схода снега для ускорения промывания корнеобитаемого слоя почвы и самих деревьев от солей, полив, подкормку, гипсование почв, санитарную обрезку, профилактику заболеваний и пр. Рекомендуется защищать стволы и кроны в зимнее время от попадания солей.

– Проведение исследовательских работ для решения проблемы усыхания насаждений, особенно на наиболее экологически напряженных участках

### **Библиографические ссылки**

1. Судник А. В., Рыбинский А. Г. Критерии и шкала потенциального воздействия строительства и содержания автомобильных дорог на придорожные насаждения // Автомобильные дороги и мосты. 2020. №1 (25). С. 6–15.

2. Судник А. В., Новицкий Р. В. Воздействие автомобильных дорог на природно-растительные комплексы и животный мир Беларуси: состояние, реальные и потенциальные угрозы, мониторинг // Материалы научно-технической конференции, посвященной 50-летию РУП «БелдорНИИ». Минск, 25-26 окт. 2012. С. 223–228.

3. Яковлев А. П., Судник А. В. Влияние солевых реагентов на экологическое состояние почвы и растений в городской среде // Состояние и перспективы развития зеленого строительства в Республике Беларусь: тез. Респ. науч.-практ. семинара (г. Минск, 26–27 апреля 2018 г.) / НАН Беларуси; ЦБС НАН Беларуси: редкол.: В. В. Титок [и др.]. Мн. : Медисонт, 2018. С. 212–215.

4. Лазерный атомно-эмиссионный анализ аэрального загрязнения зеленых насаждений противогололедными реагентами / М.В. Бельков [и др.] // Прикладная спектроскопия. 2010. Т.77, № 2 С. 292–298.

5. Судник А. В., Вознячук И.П. Последствия воздействия загрязнения придорожных территорий компонентами солевых реагентов на экологическое состояние почвы и растений в лесных биогеоценозах // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 6. С. 83–95.

6. Физиология растений: Учебник для студ. вузов / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко и др.; под ред. И. П. Ермакова. М., 2005. 640 с.

7. Строгонов Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений (при разнокачественном засолении почв). М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1962. 366 с.

8. Аккумуляция ионов хлора почвами и ассимиляционными органами деревьев в городских насаждениях Минска / Е.А. Сидорович [и др.] // Проблемы озеленения городов: альманах. Вып. 10. М., 2004. С.203–207

9. Устойчивость древесно-кустарниковых растений к негативному влиянию противогололедных материалов / А.П. Яковлев [и др.] // Антропогенная трансформация ландшафтов: мат-лы IV Республиканской научно-методической конференции. Минск, 29–30 сентября 2008 г. Мн.: Изд-во БГПУ, 2008. С. 98–102.

10. Создание антропогенно устойчивых насаждений вдоль улиц и дорог в населенных пунктах. Методические рекомендации / А. П. Яковлев [и др.]; Центральный ботанический сад НАН Беларуси; Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича. Мн.: БГАТУ, 2013. 40 с.

11. Судник А. В. Разработка комплекса мер по минимизации воздействия строительства и содержания автодорог на растительность придорожных территорий // Сборник научных трудов «Природные ресурсы и окружающая среда». Мн, 2016. С. 113–117.