

ЗАСОЛЕНИЕ ПОЧВ – ОДНА ИЗ ПРОБЛЕМ ГОРОДСКОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ  
SOIL SALINIZATION – ONE OF THE URBAN GREENING PROBLEM

Кулакова Н.Ю., Шабанова Н.П. (Институт лесоведения РАН, с. Успенское, РФ)  
Kulakova N.U., Shabanova N.P. (Institute of Forest Science RAS, Uspenskoe, RF)

*Подсчитаны минимальные дозы применения реагентов за зиму 2018-2019 года в Москве и содержание реагентов в снежном покрове под городскими насаждениями дуба черешчатого (*Quercus robur*). Показано, что даже кратковременное весеннее засоление почв приводит к увеличению концентрации натрия в листьях дуба и к изменению соотношения концентраций  $K^+/Na^+$  на порядок.*

*Minimal doses of reagents for the winter of 2018-2019 years in Moscow and content of reagents in the snow cover under urban plantings of English oak (*Quercus robur*) were calculated. It is shown that even short-term spring salinization of soils leads to an increase of sodium concentration in oak leaves and to a change in the ratio of  $K^+ / Na^+$  concentrations by an order of magnitude.*

*Ключевые слова: засоление городских почв, антигололедные реагенты, дуб черешчатый*

*Key words: salinization of urban soil, anti-icing reagents, English oak*

Засоление городских почв увеличивается с каждым годом. Оно связано с применением антигололедных реагентов, в составе которых преобладают хлориды натрия и кальция.

В задачи работы входило: 1) исследовать возможные дозы внесения антигололедных реагентов за зиму 2018-2019 года в Москве по принятым нормам; 2) проанализировать засоление снежного покрова и почв на расстоянии от 3 до 20 м от тротуаров под древесными насаждениями у крупных магистралей и рассчитать поступление натрия, хлоридов и сульфатов со снегом в эти зоны; 3) оценить влияние кратковременного загрязнения почв натрием на концентрацию этого элемента в листьях деревьев дуба черешчатого.

Состав антигололедных средств, широко используемых в Москве, приводится в табл. 1.

Чтобы подтвердить эти данные, мы проанализировали состав реагента, широко применяемого в Москве, использующегося, в частности, на тротуарах у автомагистралей при температуре  $-5^\circ\text{C}$ . Анализ водной вытяжки показал, что в составе реагента преобладает хлорид натрия: в 100 г препарата содержится: кальция 9,6 грамм, натрия 28,7 грамма, хлора 60,4 грамма, бикарбоната 1,3 г, примесей 6 г.

**Таблица 1.** Сравнение реагентов серии ICEMELT™ (АЙСМЕЛТ™) по температурам эффективного применения, составу, форме выпуска гранул (цитируется с сайта Техстрой (<http://www.teh-stroy.ru/license-CC-BY-SA-3-0.php>))

Марка реагента АЙСМЕЛТ™	Эффективные температуры применения	Содержание хлористого кальция CaCl <sub>2</sub>	Содержание хлористого натрия NaCl	Форма выпуска
IceMelt POWER (АйсМелт ПАУЭР)	до -31 °С	не менее 94%	–	гранулированный
IceMelt (АйсМелт ХКНМ)	до -25 °С	15-50%	50-85%	гранулированный
IceMelt MIX (АйсМелт МИКС)	до -20 °С	15-50%	50-85%	смесь гранулы + кристаллы
IceMelt GREEN (АйсМелт ГРИН)	до -15 °С	не менее 5%	не более 95%	смесь кристаллы + гранулы

Нормы использования реагентов зависят от погодных условий (табл. 2) и регламентируются постановлениями (см. литературу). Мы подсчитали величину возможного поступления солей на 1 м<sup>2</sup> тротуаров или пешеходных дорожек при современном уровне применения антигололедных реагентов. С ноября 2018 по февраль 2019 годов в Москве зарегистрировано 10 случаев перехода температуры с 0 градусов к отрицательным значениям при наличии осадков, что сопровождается гололедицей и обязательным использованием антигололедных средств. В случаях незначительных отрицательных температур (-4 градуса) предусмотрено применение антигололедных средств от 10 до 20 г/м<sup>2</sup>. Т.е. после оттепелей на асфальт тротуаров поступило за ноябрь-февраль минимум 100 г реагента. В случаях снегопада, в зависимости от температуры и интенсивности выпадения осадков и образования снежного наста или льда применяется от 10 до 150 г реагентов на м<sup>2</sup> дороги. Учитывая, что дней с сильными и средними снегопадами за этот период было 20 (<https://yanvar-2019.meteo.ru>), а также температуру в момент выпадения осадков (от -2 до -15°), и не рассматривая возможность образования льда, а предполагая наличие только уплотненного снега на дорогах, мы рассчитали, что минимальная сумма поступающих реагентов составляет не менее 850 г/м<sup>2</sup>.

## Таблица 2.

Норма расхода противогололедных реагентов для предотвращения образования гололеда.

Наименования	Ед. измерения	Расход материала при температуре, С°				
		до -4 С°	до -8 С°	до -12 С°	до -16 С°	до -20 С°
АйсМелт™	г/кв. м	20	40	50	60	70
Соль техническая	г/кв. м	20	30	50	60	-

Норма расхода противогололедных реагентов для удаления льда

Наименования	Толщина льда, мм	Расход материала, г/м. кв. при температуре, С°					
		0 С° -2 С°	-2 С° -4 С°	-4 С° -6 С°	-6 С° -10 С°	-10 С° -15 С°	-15 С° -20 С°
АйсМелт™	1-2	15	20	25	30	50	70
	3-5	30	40	50	70	100	150
Соль техническая	Рыхлый снег и накат	10	20	30	50	60	-
	Стекловидный лед	25	50	75	100	150	-

В сумме, по самым минимальным подсчетам, на м<sup>2</sup> дорожного покрытия за 4 месяца в соответствии с принятыми нормами может поступить около 1 кг реагента. Часть снега вдоль дорог вывозится, часть талых вод стекает в канализационную систему, но основная масса снега ссыпается вдоль тротуаров на газоны, образуя сугробы шириной 1,5-2 метра. Это зона наиболее сильного засоления. Древесные и кустарниковые насаждения, как правило, располагаются несколько дальше от дорог. Нами отбирались пробы снежного покрова вдоль магистралей на расстоянии от 3 до 20 м от тротуаров под насаждениями дуба черешчатого. Оказалось, что поступление реагентов достаточно неравномерно, но даже в этой полосе оно весьма высокое (Таблица 3).

**Таблица 3.** Поступление поллютантов со снегом за зимний период, мг/м<sup>2</sup>

Объект	Шоссе Энтузиастов 55.767642°, 37.800179°	Рублёвское шоссе 760206°, 37.390895°	Свободный проспект 55.752719°, 37.817517°
Хим.элемент			
Натрий	3500±548	3504±1096	876±104
Хлориды	8060±1393	8140±2572	2016±136
Сульфаты	3404±832	3600±876	852±208

Промывной тип водного режима московских почв приводит к выносу основной массы легко растворимых солей из верхней, наиболее корнеобитаемой части почвенного профиля. По нашим данным, в верхней 30-см части профиля почв у Свободного проспекта, шоссе Энтузиастов и у Рублевского шоссе в июне-июле 2016-2017 годов не содержалось легкорастворимых солей, отмечалось только повышенное содержание гидрокарбонат-иона (до 0,88–0,64 мг-экв./100 г почвы против значений в глубине прилегающих лесо-парковых массивов 0,15–0,14 мг-экв./100 г) и связанные с этим повышенные значения рН (6,78-6,18 против фоновых значений 5,75-6,10), что являлось косвенным признаком повышенного весеннего засоления почв.

Вместе с тем, в ряде работ отмечается, что и у автомагистралей и в селитебных районах, во дворах, в связи с постоянным поступлением новых

порций реагентов, соли стали сохраняться в профилях почв до начала нового зимнего периода. Особенно это сказывается в засушливые годы. По данным Никифоровой с соавторами [Никифорова и др.], величина плотного остатка водной вытяжки в верхнем 15-см слое почв в районе Свободного проспекта колебалась в засушливом 2010 году в пределах от 0,2 до 0,4%, что соответствует средней степени засоленности почв, сумма солей в среднем составляла 15 смоль/кг. В почвах Терлецкого парка плотный остаток составлял от 0,1 до 0,2 % (слабое засоление), сумма солей – около 5 смоль/кг. Состав солей, по данным этих авторов, хлоридно-натриево-кальциевый, что соответствует составу применяемых антигололёдных средств.

Засоление почв более 10 смоль/кг с доминированием ионов натрия, карбонат- и бикарбонат-ионов, является пограничным для распространения дуба черешчатого на водоразделах в южной лесостепи (Теллермановский стационар ИЛАН РАН) (Кулакова,18). Токсичными для растений являются и невысокие концентрации солей хлора – по данным С.Д. Эрперт, для корней вяза, например, предельное содержание иона  $Cl^-$  – 2 смоль/кг почвы [Эрперт]. Таким образом, даже для весьма солеустойчивых пород в засушливые годы засоление придорожных территорий может стать причиной гибели насаждений.

Водорастворимые соли, содержащиеся в почве, увеличивают физиологическую сухость почв, сокращая количество доступной растениям влаги. Для уменьшения водного потенциала растения могут поглощать из почвы натрий, токсичность которого проявляется в хлорозах и некрозах листьев, их усыхании, уменьшении периода роста и площади листа [Кулагин]. Сокращение фотосинтезирующего аппарата не может не сказываться на запасе неструктурных углеводов, от которого во многом зависит устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды. Измеренная нами концентрация  $Na$  в листьях дуба на засоленных и незасоленных почвах подтверждает способность деревьев дуба черешчатого концентрировать этот элемент в листьях. Содержание натрия в листьях шести деревьев дуба у Свободного проспекта составило  $0,190 \pm 0,105$  мг/г абсолютно сухого образца (показан доверительный интервал при  $P < 0,95$ ), в деревьях Терлецкого парка, вдалеке от пешеходных дорожек, на порядок меньше –  $0,020 \pm 0,010$  мг/г, а в листьях деревьев вне городской черты на незасоленных почвах – всего  $0,005 \pm 0,004$  мг/г.

Концентрация ионов  $K^+$  на несколько порядков превышает концентрацию ионов  $Na^+$  в цитоплазме растений, что необходимо для нормального протекания различных физиологических процессов (Веселов и др.,2007) . Соотношение ионов  $K^+$  и  $Na^+$  в листьях деревьев у Свободного проспекта, на почвах, испытывающих только весеннее засоление, меньше значения соотношения концентраций  $K^+/Na^+$  в парке в девять раз: 13 и 120 соответственно.

#### *Выводы*

Применение существующих норм использования реагентов возможно только при условии удаления с газонов всего собранного с дорог снега и льда, что практически невыполнимо в условиях Московского мегаполиса.

Засолением охвачены даже почвы, находящиеся вне основной зоны поступления реагентов, удаленные от тротуаров на 3-20 м. Показатели степени и химизма засоления городских почв в ряде случаев близки к пороговым для адаптационной способности растений.

Весеннее засоление почв, связанное с таянием засоленного снега, отражается на концентрации натрия в листьях деревьев дуба черешчатого, что свидетельствует о негативном влиянии даже кратковременного засоления на состояние насаждений.

### Литература

Постановление правительства Москвы № 1018-пп от 9 ноября 1999 года «Об утверждении правил санитарного содержания территорий, организации уборки и обеспечения чистоты и порядка в г. Москве»

Распоряжение от 31 мая 2011 г. № 05-14-324/1 «Об утверждении регламентов и технологических карт на работы по механизированной и ручной уборке внутриквартальных проездов и дворовых территорий в зимний и летний периоды»

Распоряжение от 28 сентября 2011 г. № 05-14-650/1 «Об утверждении технологии 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 гг. и далее)»

*Мучник Е.Э.* Методология оценки и прогноза состояния дубрав в условиях антропогенных воздействий (на примере Московского региона) / Е.Э. Мучник, Н.Ф. Каплина, Н.Ю. Кулакова, Н.Н. Селочник, Л.С. Ермолова // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2014. – Т. 18. – № 6. – С. 216–225.

*Никифорова Е.М.* Мониторинг засоления снега и почв Восточного округа Москвы противогололедными смесями / Е.М. Никифорова, Н.Е. Кошелева, Д.В. Власов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-2. – С. 340–347

Веселов Д. С., Маркова И. В., Кудоярова Г. Р. Реакция растений на засоление и формирование солеустойчивости // Успехи современной биологии. – 2007. – Т. 127. – № 5. – С. 482-493.

*Кулакова Н.Ю.* Почвенные условия на границе ареала дуба черешчатого в южной лесостепи Европейской части России // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018. №3. С. 16-29. DOI: 10.15350/2306-2827.2018.3.16.

*Эрперт С.Д.* Корневые системы некоторых древесных растений в условиях больших палин северо-западной части Прикаспийской низменности / С.Д. Эрперт // Тр. Института леса АН СССР. – 1955. – Т. 25. – С. 36–74.

*Кулагин А.А.* Экспериментальная оценка повреждений ассимиляционных органов тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) ионами различных металлов / А.А. Кулагин // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2003. – № 5. – С. 15–20.