

УДК 502/504: 631.6

О. А. ЛЫКОВ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

БОРЬБА С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

Загрязнение городских почв – одна из главных проблем, связанная с негативным антропогенным воздействием на городскую среду. В связи с ростом автопарка Москвы оценке транспортного загрязнения уделяется особое внимание. Один из основных видов загрязнения – солевое, связанное с применением противогололедных реагентов. Дана оценка состояния автопарка Москвы, рассмотрены основные виды противогололедных реагентов, предложены рекомендации по устранению последствий их негативного воздействия.

Загрязнение городских почв, антропогенное воздействие на городскую среду, оценка транспортного загрязнения, противогололедные реагенты, нормирование расхода соли, новая технология снегоуборки, биогенные элементы.

Pollution of urban soils is one of the most important problems connected with the negative anthropogenic affect on the city's environment. Due to the growth of the quantity of automobiles in Moscow a special attention is paid to assessment of the transport pollution. One of the main types of pollution is the salt one related to the usage of anti-icy agents. Assessment of the state of automobiles in Moscow is given, main types of anti-icy agents are considered, recommendations are proposed on elimination of consequences of their negative influence.

Pollution of urban soils, anthropogenic Affect on the city's environment, assessment of the transport pollution, anti-icy agents, dozing of salt consumption, new technology of snow removal, biogenic elements.

Общая протяженность улично-дорожной сети в городе Москве составляет 4525 км, общая площадь – 87,3 млн м². Ремонтируют асфальт свыше 400 подрядных организаций, в городе действуют 35 асфальтобетонных заводов, ежегодная площадь отремонтированного полотна достигает 9,5...12,0 млн м². Сейчас автомобильный парк столицы составляет порядка 3 млн единиц техники, на территории города расположено более 2,5 тыс. автопредприятий. Общее число автомобилей (включая транзитные) – около 4,5 млн.

Обработка противогололедными реагентами (ПГР) автомагистралей, улиц и иных объектов дорожного хозяйства Москвы – одного из самых северных мегаполисов мира – необходимый фактор обеспечения безопасности дорожного движения и предупрежде-

ния зимнего травматизма граждан. Однако такая обработка предопределяет и комплекс возможного негативного воздействия на природную среду, в частности на почву.

Нарушенное состояние растительности вдоль магистралей с интенсивным движением транспорта и на территории, прилегающей к Московской кольцевой автомобильной дороге (МКАД), было впервые отмечено специалистами Московского государственного университета леса весной 1996 г. Это совпало с внедрением в течение двух предшествующих лет новой технологии снегоуборки, предусматривающей повышенный расход технической соли (до 350 тыс. т за зимний период) и снижение доли песка в противогололедной смеси. Такую технологию использовали вплоть до зимы 2000/01 г. При этом система

водостока забивалась твердыми компонентами. Отказ от фрикционных противогололедных материалов и переход на химические реагенты был обусловлен резким ростом транспортного потока в городе и, как следствие, возникновением потребности в плавлении большой доли снежной массы и льда. Повсеместно практиковалась роторная перевалка снега на придорожные газоны и сброс его в гидросеть. Несмотря на постоянное ужесточение нормирования расхода соли и ограничение предельно допустимой дозы ее одноразового внесения до 50 г/м², экологические последствия такой системы зимней снегоуборки ощутимы и в настоящее время.

С 2001 г. был кардинально изменен регламент зимнего содержания объектов дорожного хозяйства. По новой технологии уборки и утилизации снега стали использовать жидкие и твердые противогололедные реагенты: НКММ (на основе нитрата кальция, магния, мочевины с добавкой высокоэффективных ингибиторов); ХКМ (хлористый кальций модифицированный жидкий); ХКФ (хлористый кальций твердый); ХММ (хлористый магний модифицированный жидкий); «Антиснег-1» (ацетат аммония модифицированный жидкий); «Нордикс» (ацетат калия модифицированный жидкий); «Биомаг» (хлористый магний модифицированный твердый, получаемый из природного бишофита). Это явилось ведущим фактором комплексного улучшения экологической ситуации в городе. Все противогололедные реагенты, используемые на автомагистралях Москвы, разработаны и выпускаются российскими производителями.

На объектах дорожного хозяйства Москвы в зимний период последних лет использовали реагенты только хлоридной группы: жидкие – ХКМ (28%-й раствор хлористого кальция модифици-

рованного) и АГС (24%-й многокомпонентный раствор хлорида магния, хлорида натрия, хлорида кальция и хлорида калия – антигололедное средство); твердые – ХК (хлористый кальций в гранулах с содержанием основного вещества не менее 85 %), «Айсмелт» (композиция хлористых солей кальция и натрия «ХКНМ»), СБГ (композиция солей хлористого калия, натрия и магния – средство борьбы с гололедом). В случае необходимости, при определенных погодных условиях, как на проезжей части, так и на тротуарах в качестве противогололедного материала предусматривалось использование мелкого гранитного щебня фракций 2...5 мм.

Применяемые ранее 350 тыс. т технической соли в среднем обеспечивали плавление свыше 40 % выпавшего снега и льда. В настоящее время на дорогах плавится около 20 % снега, существенно скорректированы (уменьшены) нормы расхода противогололедных реагентов, они дифференцированы в зависимости от метеорологических условий и видов реагентов. Обеспечение безопасного состояния объектов дорожного хозяйства осуществляется главным образом за счет механической уборки: прометания, перемещения снега в лотковую часть дорог, вывоза образовавшейся массы и ее утилизации. Дальнейшее уменьшение объемов использования противогололедных реагентов, не сопровождающееся сокращением обрабатываемых ими площадей, может привести к нарушению принятых стандартов содержания дорожной сети в зимний период, повышению вероятности возникновения аварийных ситуаций и к угрозе жизни участников дорожного движения (водителей, пассажиров и пешеходов).

Наибольшую потенциальную опасность для почвы с точки зрения ее засоления, изменения плодородия и условий для роста зеленых насаждений

представляют простые соли при их интенсивном одностороннем использовании в качестве противогололедного реагента: хлорид натрия и хлорид магния (техническая соль, твердый и жидкий бишофит – «Биомаг»). (Бишофит перестали применять в Москве с января 2005 г.). Композиции солей (когда в одной грануле или растворе присутствует заданное количество различных солей в определенной пропорции) в случае нарушения технологии их использования оказывают наименьшее негативное воздействие на компоненты окружающей среды. Содержащиеся в них биофильные элементы (калий, кальций, магний и др.) могут способствовать улучшению условий минерального питания зеленых насаждений и повышают плодородие почв. Из перечисленных к таким противогололедным реагентам относятся «СБГ» (твердый), «АГС» (24% -й раствор). Именно по экологическим критериям эти новые отечественные разработки впервые начали использоваться в Москве в зимний период 2005/06 г. В зимний период 2006/07 г. объемы их применения значительно возросли.

Поступление хлора (в форме аниона) в городские экосистемы обусловлено в основном антропогенной деятельностью. Содержание хлора в почвах города определяется исходным количеством элемента в составе противогололедного реагента и зависит как от физико-химических свойств почвы, так и от положения участка относительно дорожной сети. Его накопление в процессе обработки дорог в зимний период – результат количественного использования реагента, расстояния от дороги до исследуемого участка, а также от степени уклона поверхности почвы и условий фильтрации стока. Особенности миграции ионов хлора в почвенном профиле определяются механическим

составом почвенных горизонтов, глубиной почвенного профиля, а также режимом и интенсивностью выпадения осадков.

При использовании до 2000/01 г. 350 тыс. т технической соли в зимний период (при практикуемой роторной переработке снега на газоны и разрешенном сбросе его в реки) расчетный объем поступления хлорид-аниона на территорию Москвы составлял более 200 тыс. т. Исходя из объемов закупки противогололедных реагентов на зимний период 2005/06 и 2006/07 гг., при полном расходе реагентов данное значение не превысило 110...125 тыс. т. Учитывая, что утилизация на снегоплавильных пунктах составляет как минимум 60 % снега, на городскую площадь может оказать воздействие не более 50 тыс. т хлорида.

В «Схеме применения различных видов противогололедных реагентов в городе Москве», разработанной ГУП «МосводоканалНИИпроект» в 2001 г., был определен ориентировочный экологически приемлемый уровень поступления хлорид-аниона, составляющий не более 40...50 тыс. т в год на рассматриваемую территорию. Отмечено, что при учете возможного компенсирующего действия биогенных элементов и эффекта совместного использования натрия, кальция, калия и магния, содержащихся в расчетах, этот уровень может быть скорректирован в сторону повышения. Таким образом, поставленная в «Схеме применения различных видов противогололедных реагентов в городе Москве» (2001) задача решена. В то же время определение и научно-техническое обоснование верхней границы экологически приемлемого уровня поступления хлорид-аниона – серьезный вопрос для Москвы в наши дни. Изучение данного вопроса не должно прекращаться, поскольку

даже по истечении 6-7 лет компоненты природной среды города испытывают последствия осуществляемой ранее антропогенной деятельности, а ведь длительное применение противогололедных реагентов не может не оказывать локального влияния на физико-химические и биологические свойства почв, а также произрастающих на них растений [1, 2].

Для расчета передвижения компонентов противогололедных реагентов (несорбируемых хлор-ионов) в условиях городских территорий предлагается использовать систему уравнений, описывающих движение влаги и солей в насыщенной и ненасыщенной зонах почв и подстилающих грунтов. В одномерной постановке уравнения имеют следующий вид:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(W) \frac{\partial H}{\partial x} \right] - e(W, x);$$

$$v = -K(W) \frac{\partial H}{\partial x};$$

$$\frac{\partial(WC)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D^* \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial(vC)}{\partial x},$$

где H – обобщенный потенциал почвенной влаги, м;
 $H = P(W) - X$,

где $P(W)$ – капиллярный потенциал, м; X – вертикальная координата ($X = 0$ на поверхности почвы, положительное направление принято вниз); W – объемная влажность пористой среды, м³/м³; $K(W)$ – коэффициент влагопроводности; $e(W, x)$ – функция отбора влаги корнями растений; v – скорость влагопереноса, м/сут; C – минерализация порового раствора, г/л; D^* – коэффициент конвективной диффузии солей; t – время, сут.

Приведенные уравнения дополняются начальными условиями, задающими исходное распределение потенциалов влаги (влажности) и концентрации солей в профиле почв и грунтов. На верхней и нижней границах области расчета ставятся граничные (краевые) условия, задающие потоки влаги и солей.

Для уравнения влагопереноса необходимо задавать два основных параметра: зависимости капиллярного

потенциала от влажности $P(W)$ и влагопроводности от влажности $K(W)$.

При неполном влагонасыщении капиллярный потенциал является функцией влажности. Потенциал отрицателен в зоне неполного насыщения. На границах зон неполного и полного насыщения он равен нулю. Ниже уровня грунтовых вод он положительный, и величина его меняется по гидростатическому закону.

Зависимость $P(W)$ должна находиться на основе аппроксимации экспериментальных данных. Если таковых не имеется, то можно использовать формулы А. И. Голованова, В. В. Ведерникова, А. М. Зейлигера, А. М. Якиревича и др. Зависимость $K(W)$ должна также находиться на основе аппроксимации экспериментальных данных. Если их нет, можно использовать формулу С. Ф. Аверьянова.

Для расчета солепереноса необходимо задавать коэффициент конвективной диффузии солей. Коэффициент конвективной диффузии может быть рассчитан по следующей формуле:

$$D^* = D_m + \lambda v,$$

где D_m – коэффициент молекулярной диффузии; λ – параметр гидродисперсии, учитывающий неравномерность скорости движения почвенной влаги, м.

Значения коэффициента конвективной диффузии (для фиксированного значения v) должны находиться на основе экспериментов по промывке монолитов или площадок. Параметр гидродисперсии можно определять в зависимости от гранулометрического состава почвы (ориентировочно).

Выводы

Для предупреждения активизации процессов засоления и загрязнения городских почв необходимо строго соблюдать существующую экологически безопасную технологию использования противогололедных реагентов, а также нормы расхода при

обработке дорог, магистралей и проездов. Выбирая реагент, необходимо рассматривать не только его физико-химические свойства и экономическую эффективность, но возможные последствия использования для окружающей среды. В реальных условиях не менее 80 % противогололедных реагентов вместе с талыми водами уже зимой попадает в дренажно-коллекторную сеть и утилизируется вместе со снегом на снегоплавильных пунктах. Оставшееся количество частично смывается с поверхностным (внутрипочвенным) стоком весной. Промывной тип водного режима в почвах Москвы и Московской области снижает вероятность существенного накопления поллютантов, легкорастворимых солей, а также развития солонцового процесса в верхних слоях почвенного покрова. В зонах риска – участках почв, расположенных вдоль дорог, ниже уровня асфальтового покрытия, в углублениях (сопряженных зонах геохимической аккумуляции) –

необходимо проводить почвенно-экологический мониторинг по определению степени засоления и загрязнения. В случае больших накоплений хлора в почвенных горизонтах рекомендуется проводить мероприятия по борьбе с засолением, в частности промыв (водную мелиорацию). Цель данной процедуры – уменьшить концентрацию почвенного раствора в корнеобитаемом слое за счет перемещения ионов хлора с промывной водой в нижележащие горизонты.

Список литературы

1. Ландшафты Московской области и их современное состояние [Текст] / Г. Н. Анненская [и др.]. – Смоленск : Издательство СГУ, 1997.

2. **Азовцева, Н. А.** Влияние солевых антрифризов на экологическое состояние городских почв [Текст] / Н. А. Азовцева. – РГБ, 2003.

Материал поступил в редакцию 29.05.09.

Лыков Олег Алексеевич, аспирант кафедры «Мелиорация и рекультивация земель»
Тел. 8 (495) 976-47-73