

УДК 504.05+631.445.53(470.311)

ТЕХНОГЕННОЕ ОСОЛОНЦЕВАНИЕ ПОЧВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. ШЕВЧЕНКО*, к. б. н.; Н.В. АПУХТИНА, В.И. САВИЧ, д. с.-х. н.

(Кафедра почвоведения)

Многолетние исследования показали, что часть почв Московской обл. подвержена осолонцеванию. Это обусловлено применением антигололедных реагентов, хлорида натрия для подкормки скота, несбалансированным внесением калийных удобрений. Предлагается градация фитотоксичности почв региона по степени солонцеватости, которая достигает от 2 до 12%.

Одним из факторов деградации городских почв является их осолонцевание, которое, к сожалению, проявляется и в почвах таежно-лесной зоны. Это определяет целесообразность изучения данного явления в городских почвах и разработку градаций степени деградации почв по этому показателю.

Объектом исследования выбраны почвы Москвы и Московской области, по которым проводили оценку экологического состояния и кадастровую оценку земель. Исследования почв, подвергшихся техногенному осолонцеванию, осуществляли на различных объектах в пределах столичного региона. Наиболее высокие результаты о влиянии противогололедных составов на почвы придорожных территорий были получены вблизи МКАД, а также в Ленинском и Домодедовском районах на землях, прилегающих к автодорогам М4 «Дон» и М2 «Крым».

Влияние применения жидкого навоза и минеральных удобрений на развитие техногенной солонцеватости изучали на землях племзаводов «Вороново» и «Коммунарка». Развитие техногенной солонцеватости в зависимости от применения мощных средств иссле-

довали на газонах и посадках древесно-кустарниковой растительности вблизи платформы Лось Ярославского направления Московской железной дороги и на улице Егора Абакумова.

Методика исследования состояла в определении рН (H_2O), обменного натрия и емкости поглощения почв, степени техногенной солонцеватости по активности хлоропластов выращиваемых на почвах проростков, в оценке состояния растений по биологическим тестам, а также плотности и влажности почв [10].

Развитие техногенной солонцеватости городских почв в значительной степени связано с загрязнением почв натрием, поступающим в почву с противогололедными реагентами. По многочисленным полученным нами данным содержание в почвах обменного натрия достигает 5-7 мгэкв/100 г почвы, что составляет до 35-40% емкости катионного обмена этих почв. В местах концентрации стока и застоя влаги (примыкание ложбины к земляному полотну магистралей) такие показатели зафиксированы на удалении 80-100 м от кюветной зоны. На более дренированных участках, даже в кюветной

* Московский научно-исследовательский проектно-изыскательский институт земельных ресурсов и землеустройства.

зоне, уровни техногенной солонцеватости в 3-5 раз ниже.

Следует отметить, что при подготовке вытяжек для определения содержания подвижных форм тяжелых металлов (1н. $\text{NH}_4\text{COONH}_2$, $\text{pH} = 4,8$) при исследовании загрязненных придорожных территорий в зонах техногенного осолонцевания образуются чрезвычайно устойчивые суспензии. Некоторые образцы практически не фильтруются, подготовка вытяжек для инструментального определения возможна только путем центрифугирования. Процессы засоления почв на придорожных территориях могут развиваться достаточно быстро.

Весной 2006 г. (после схода снега) обследовали территорию по левой стороне автодороги М4 «Дон» (Е 118) в Ленинском районе Московской обл. Данный участок дороги был недавно построен и эксплуатировался в течение одного года до момента обследования (при реконструкции М4 «Дон» было принято решение о переносе магистрали на 200 м восточнее с тем, чтобы не затрагивать существующую жилую и производственную застройку, в селении Тарычево Ленинского района трасса магистрали прошла по старым огородным участкам).

На удалении 30-60 м от земляного полотна автодороги были выявлены выпадения травянистой растительности (высшие растения) и замещение ее мхами. Были обнаружены выпоты солей (хлористый натрий). На удалении 35-50 м от автодороги в слое 0-5 см был отобран смешанный образец. Величина плотного остатка составляет 0,7%, тип засоления хлоридный. Таким образом, несмотря на незначительный срок функционирования данной магистрали уровень засоления достиг градации сильнозасоленные (0,4-0,8% плотного остатка при хлоридном засолении).

Развитие техногенной солонцеватости, связанное с применением моющих средств, было выявлено на газонах и посадках древесно-кустарниковой ра-

стительности вблизи платформы Лось Ярославского направления Московской железной дороги на улице Егора Абакумова. Основные факторы, определяющие развитие солонцеватости: протяженный сток по поверхности твердого покрытия (300 м), стекание на улицу воды из мест стоянки автотранспорта (дворы), засорение ливневых водостоков, низкие (менее 10 см) бордюры между проезжей частью и зонами озеленения. Очевидно, наряду с влиянием моющих средств развитию солонцеватости способствуют противобледенительные составы, поступающие на участок со стоком в период снеготаяния и оттепелей по поверхности твердого покрытия улицы с дороги, тротуаров, пешеходных дорожек во дворах жилых домов.

Содержание обменного натрия в верхнем горизонте варьирует от 1,5 до 2,2 мгэкв на 100 г почвы (9,2-14,8% от ЕКО). Почвы имеют щелочную реакцию почвенного раствора. В зоне регулярного затопления (вблизи засоренных водостоков) $\text{pH} (\text{H}_2\text{O})$ достигает 8,9; в 100-150 м выше по склону — 8,3. На участке наблюдалась гибель травянистой растительности, угнетение старых посадок клена остролистного. Сохранность старых посадок обусловлена развитием глубокой корневой системы деревьев до начала формирования неблагоприятных условий в верхнем горизонте. Новые посадки неоднократно погибали, их удалось создать только после полной замены верхнего 30 см слоя почвогрунта.

В большинстве случаев повышение доли натрия в ППК фиксируется при нейтральной либо близкой к нейтральной реакции почвенного покрова, исключение составляют варианты с влиянием моющих средств. Применение моющих средств, способствующее значительному возрастанию значения pH , распространено в населенных пунктах и в отдельных, удобных для подъезда автотранспорта местах, в рекреационных зонах.

На территориях, подвергающихся локальному, мощному техногенному осолонцеванию, наблюдается ряд явлений, нехарактерных для зональных минеральных почв Центральной России. Верхние горизонты почв отличаются повышенной по сравнению с прилегающими территориями вязкостью. Особенно это характерно для зоны плужной подошвы. Отмечается разрушение характерной ореховатой структуры в подпахотном горизонте. Во влажные периоды почвенная масса пересыщена влагой за счет набухания, по срезу влага не сочится, а почва «мажется», как в состоянии по влажности мокрая. Более заметно влияние переувлажнения как по сравнению с удаленными от дорог территориями, так и в пределах придорожной полосы. То есть изменения в состоянии травянистой растительности маскируются изменениями ее видового состава, наблюдается угнетение и гибель древесно-кустарниковой растительности.

Придорожные техногенно-солонцеватые почвы не отличаются от почв, удаленных от автодорог, по реакции почвенного раствора, что, очевидно, связано с применением в качестве противообледенительных составов нейтральных солей и выбросами автотранспортом кислых продуктов (окись серы и азота).

Аналогичные данные по осолонцеванию городских почв получены и другими авторами [11]. Если 20 лет назад отмечалось лишь эфемерное засоление почв Москвы [8], то теперь засоление почв встречается на всей территории [1, 2]. По данным [2], в связи с применением в г. Москве солевых антифризов существенными факторами угнетения растительности (проспект Вернадского) являлось засоление (в 96% случаев), повышенная щелочность (78%), высокая плотность (57%), неблагоприятный водно-воздушный режим (16%). При удаленности от дороги от 0,4 до 3 м электропроводность уменьшалась от 7-20 до 2-5 ДСм/м. При

этом большая степень засоления отмечалась в летние месяцы. В составе катионов солей доминировал натрий (до

32,6 г/см²). Уровень SAR $\left(\frac{Na^+}{\sqrt{Ca^{2+}Mg^{2+}}} \right)$

достигал 27 и лишь весной снижался до 5. Увеличение засоленности и электропроводности городских почв приводило к уменьшению их биопродуктивности, интенсивности дыхания в 1,5-2 раза. Авторы отмечают, что солевые антифризы «антиснег-1» и «антиснег-2», в состав которых входят магний и поверхностно активные вещества, не оказали существенного влияния на гидрофизическую характеристику грубодисперсных и богатых органическим веществом почв, но в тонкодисперсных почвах оказывали негативное влияние. Антифризы, содержащие поверхностно активные вещества, блокировали многие сорбционные центры и переводили тяжёлые металлы в подвижное состояние. По данным [7], в связи с применением антигололедных реагентов талые воды с газовых имели содержание натрия 1115-130 мг/л, а хлора — 75-140 мг/л, что на два порядка выше по сравнению с почвами парков. В связи с этим некоторые почвы г. Москвы имеют количество Поглощенного натрия 5-15% от суммы поглощенных катионов [12,13].

Все также остро стоит проблема засоления почв. Новые специальные реагенты для уборки снега все равно производятся на основе соли. В Москве примерно 30 га открытой почвы. В год на улицы столицы попадает около 300 тыс. т соли. Значит, на 1 м² приходится 1 кг соли за одну только зиму. Аналогичная ситуация существует и в других городах. В почвах г. Казани отмечено накопление Na, NaCl, NaHCO₃, увеличение осмотического давления почвенных растворов, это приводит к аккумуляции натрия и хлора в листьях, к их некрозу и гибели деревьев [3].

Осолонцевание почв обусловлено и поднятием к поверхности засоленных

грунтовых вод. На 85% территории города пресные грунтовые воды превратились в слабоминерализованные сложного состава с минерализацией до 2-3 г/л [9].

Среди природных факторов, определяющих уровень негативных воздействий на почвенный покров при разных объемах поступления солей натрия, наибольшее значение имеют: рельеф местности и, прежде всего, крутизна склонов, наличие зон концентрации стока и бессточных, затапливаемых участков; наличие временных и постоянных водотоков (путей сброса поверхностного стока), состав и глубина залегания грунтовых вод, емкость катионного обмена верхних горизонтов почв, наличие условно-водоупорных горизонтов в средней части профиля.

Уровень солонцеватости определяет и особенности воздействия на почвы антропогенных факторов. Очистка твердого покрытия от свежевывапавшего снега сопровождается его отбрасыванием от края твердого покрытия на расстояние 20-25 м, а в случае сильного бокового ветра в направлении сброса — до 35 м. Таким образом, в почвы полос земельного отвода, а также краевых, прилегающих к автодорогам участков сельскохозяйственных угодий, поступает значительное количество легкорастворимого натрия.

Соли натрия поступают в кюветную зону и при стекании с поверхности твердого покрытия талых и дождевых вод в весенний период. В ряде случаев при разбрасывании противообледенительных составов соли в значительных количествах непосредственно поступают в зону кюветов и водоотводных канав.

В настоящее время на территории столичного региона осуществляется повсеместная реконструкция автомагистралей. При этом производится расширение проезжей части и улучшение характеристик по продольным уклонам дорог. По существу, это оз-

начает, что насыпи создаются более широкими и высокими, основание насыпи погружено на значительную глубину (на всю мощность почвенного профиля). Автодорога становится мощной преградой поверхностному и почвенному стоку.

Дорожные строители в первую очередь заботятся о сохранности земляного полотна дороги (предотвращение просадок, разрушения, деформации). Земляное полотно современной конструкции весьма устойчиво к подтоплению его нижней части, а параметры его (ширина и высота) таковы, что создание водопропускных устройств требует значительных затрат. Водопропускные устройства создаются редко, не чаще одного на 5-6 ложбин стока, пересекающих магистраль. Сброс воды осуществляется вдоль магистрали по кюветной зоне, поперек естественных протяженных склонов на расстоянии до 1,5 км (к ближайшему водопропускному устройству). Таким образом, вдоль дорог образуются зоны переувлажнения, подтопления земель. В целом ряде случаев формируются антропогенные болота, в т. ч. на мезоморфных в прошлом почвах. Удаление легкорастворимых соединений натрия с паводковыми водами в таких условиях затруднено; медленно фильтруясь по профилю, натрий активно взаимодействует с почвенно-поглощающим комплексом (ППК).

Особое место занимает применение автомобильных моющих средств. При этом следует учитывать, что при мойке автотранспорта в необорудованных местах широко применяются достаточно жесткие составы: сода, стиральные порошки и широкий набор средств неопределенного происхождения. Мойка автотранспорта осуществляется в населенных местах, часто вблизи домов, зеленых насаждений и т.д. При наличии значительных площадей, занятых асфальтовыми покрытиями, неработающих стоках ливневой канализации, протяженных участках с

твердым покрытием, имеющих продольный уклон, вода, содержащая компоненты моющих средств, скапливается в депрессиях, подтапливая и затапливая газоны, участки с древесно-кустарниковой растительностью, расположенные ниже уровня асфальтовых покрытий. Наличие горячей воды вблизи жилых домов обуславливает мойку здесь автотранспорта в зимний период, что способствует интенсивному растворению водой противобледенительных составов и требует дополнительной обработки твердого покрытия противобледенительными составами, т.е. внесения повышенных доз солей. В весенний период ливневые водостоки зачастую перегружены или засорены, что усугубляет ситуацию.

К сожалению, наблюдается и осолонцевание почв сельскохозяйственных угодий. В прошлом широко применялся вывоз снега, счищаемого с городских улиц на пригородные сельскохозяйственные угодья с целью улучшения влагообеспеченности сельскохозяйственных растений в весенний и раннелетний период. В настоящее время снег, счищаемый с территории многочисленных рынков и оптовых складских баз, где на проездах и пешеходных дорожках применяются противобледенительные составы, вывозится на прилегающие к этим объектам земли.

На функционировавших в прошлом крупных животноводческих сельскохозяйственных предприятиях Московской обл. широко применялся гидросмыв навоза. Для подкормки скота в избытке использовался хлорид натрия как в чистом виде (лизун), так и в виде добавки к кормам (в составе сенажа, силоса и т.д.). Использование в течение нескольких десятилетий для удаления навоза гидросмыва (растворение солей натрия) и последующее применение в качестве удобрения жидкого навоза обусловило поступление на пахотные угодья значительных объе-

мов хлористого натрия. Ситуация усугубляется тем, что вывоз жидкого навоза, вследствие невысокого содержания в нем сухого вещества и элементов питания растений, был экономически эффективен на расстоянии не более 4 км.

При перекачке навоза по трубопроводам зона эффективного применения увеличивалась до 7-8 км, навоз применялся в этом случае как добавка к оросительной воде. Внесение такого навоза осуществлялось только на мелиорированных, орошаемых землях, т.е. поступление подвижного натрия также было локализовано на конкретных земельных массивах. Жидкий навоз применялся высокими дозами локально, постоянно в течение многих десятилетий.

Для Московской обл. было характерно размещение значительного числа крупных животноводческих комплексов с высокой численностью крупного рогатого скота и свиней. В ряде случаев фактически дозы ежегодного внесения жидкого навоза достигали 150-200 т/га при содержании сухого вещества 50-70 г/л. Содержание подвижного натрия не контролировалось.

Следует отметить, что применяемые в прошлом в больших количествах дешевые минеральные калийные удобрения содержали значительные примеси хлорида натрия. Учитывая присутствие в севооборотах кормовых корнеплодов (свекла), это давало даже определенный экономический эффект. Однако постепенное накопление натрия и повышение роли других, описанных выше источников поступления натрия, обуславливает изменение отношения к этому антропогенному фактору в условиях Центральной России. Таким образом, в почвы земель столичного региона поступали и поступают значительные количества легкорастворимых солей натрия, а также илистых и коллоидных частиц, содержащих натрий в обменно-поглощенном состоянии.

Влияние применения жидкого навоза и минеральных удобрений изучали на землях племзаводов «Вороново» (Подольский район) и «Коммунарка» (Ленинский район). Содержание обменного натрия на пашне в местах внесения высоких доз жидкого навоза — вблизи фермы и на орошаемых землях варьирует в пределах 1,0-2,5 мгэкв/100 г почвы (4-10% от емкости катионного обмена). На остальной территории содержание натрия в ППК не превышает 2-3% ЕКО. Такое содержание натрия, безусловно, отражается на почвенном профиле. Однако распространение влияния фактора на обширных территориях затрудняет идентификацию изменений на пахотных массивах.

На территории землепользования «Вороново» проводили полевые опыты по применению различных доз минеральных удобрений и жидкого навоза. Близкое (в пределах нескольких метров) размещение делянок (в т. ч. контрольных) позволяет осуществить сопоставление профилей почв, невозможное на обширных (в несколько десятков гектаров) массивах применения жидкого навоза. В случае ежегодного внесения 100-300 т/га жидкого навоза (в среднем 48 г сухого вещества на 1 кг навоза) в течение 10 лет и более наблюдается заметное уплотнение и повышение вязкости в слое 30—50 см. Плужная подошва в отдельных случаях достигает градации очень плотная.

Хотя схема опытов предусматривала компенсацию влаги, поступающей с жидким навозом, поливами, влажность подпахотного горизонта в вариантах с жидким навозом по сравнению с контролем или вариантами с минеральными удобрениями значительно выше. В подпахотных горизонтах этих почв прослеживаются также затеки гумуса недавнего происхождения. Отмечается значительное уплотнение и разрушение структуры в подпахотном горизонте верхней части горизонта В.

По полученным нами данным, на развитие техногенной солонцеватости влияет и содержание в почвах обменного калия. Содержание обменного калия в дерново-подзолистой почве более 5-7% приводило к диспергированию почв и снижению фильтрации в 2 раза. Избыточное содержание подвижного калия в дерново-подзолистой почве (более 300 мг/кг) приводило к увеличению рН, снижению гумусированности от 2 до 1,6%, изменению в неблагоприятную сторону соотношения подвижных Са:К (от 200 до 4) [4, 5, 6].

Значительный интерес представляет оценка техногенной солонцеватости почв по биологическим тестам. Одним из таких тестов является оценка загрязнения почв по активности хлоропластов, разработанная А.С. Плешковым и Б.А. Ягодиным [5]. Нами предложена модификация такой методики.

Оценивали влияния техногенной солонцеватости на рост и развитие растений и методом определения фитотоксичности почв. Метод основан на способности суспензий хлоропластов, выделенных из живых растений, поглощать фотосинтетически активную радиацию. Добавление к суспензии вытяжки из «здоровой» почвы-аналога приводит к резкому усилению активности хлоропластов. Добавление вытяжки из почвы, подвергавшейся негативным воздействиям, не дает идентичного результата. Оценку фитотоксичности осуществляли путем определения поглощения фотосинтетически активной радиации суспензией хлоропластов: А — с добавлением физиологического раствора; В — с добавлением вытяжки физиологического раствора из контрольной, незагрязненной почвы-аналога; С — с добавлением вытяжки физиологического раствора из исследуемой почвы. Схема предварительной оценки техногенной солонцеватости по фитотоксичности представлена в таблице.

Следует отметить, что фитотоксичность материала верхнего гумусово-

**Оценка влияния техногенной солонцеватости в почвах столичного региона
по величине фитотоксичности**

Оценка фитотоксичности	Значения поглощения фотосинтетически активной радиации	Содержание обменного натрия в ППК, %	Мероприятия предотвращения негативных последствий осолонцевания
Низкая	$C > 0,1A + 0,9B$	0–2	Нет
Средняя	$0,1A + 0,9B > C > 0,4A + 0,6B$	2–5	Сохранение прежнего использования при условии предотвращения дальнейшего развития солонцеватости, внесение органических удобрений, известкование небольшими дозами
Высокая	$0,4A + 0,6B \geq C > 0,7A + 0,3B$	5–8	Сохранение прежнего использования при условии предотвращения дальнейшего развития солонцеватости, внесение органических удобрений, известкование небольшими дозами, допустим отвод для несельскохозяйственных целей при условии снятия плодородного слоя и использования в условиях отсутствия поступления натрия
Очень высокая	$0,7A + 0,3B \geq C \geq A$	8–12 (или 6–10 при $pH(H_2O) > 8$)	Сохранение прежнего использования при условии предотвращения дальнейшего развития солонцеватости, внесение органических удобрений, известкование небольшими дозами, допустим отвод для несельскохозяйственных целей при условии снятия плодородного слоя и использования в условиях отсутствия поступления натрия, но материал плодородного слоя предварительно выдерживают в буртах и в процессе хранения подвергают контролю за изменением фитотоксичности; использование материала для целей рекультивации возможен при снижении уровня фитотоксичности до низкого
Аномально высокая	$C < A$	> 12 (или > 10 при $pH(H_2O) > 8$)	То же

аккумулятивного горизонта, подвергнутого техногенному осолонцеванию, заметно снижается при хранении в вентилируемых и промываемых осадками буртах в течение 1-2 лет, в условиях исключения поступления натриевых солей. Поскольку физиологический раствор при определении фитотоксичности представляет собой слабый раствор NaCl, можно предположить, что развитие фитотоксичности обусловлено не только непосредственным влиянием легко растворимых натриевых солей, а токсичными соединениями, образующимися в почве в результате комплекса микробиологи-

ческих и физико-химических процессов, протекающих в техногенно-солонцеватых почвах.

Выводы

1. В настоящее время техногенное осолонцевание является заметным фактором, оказывающим влияние на развитие процессов почвообразования на территории столичного региона.

2. Угнетение и гибель древесной и древесно-кустарниковой растительности, а также заметное переувлажнение почв вблизи транспортных магистралей (снижение водопроницаемости) может

быть обусловлено влиянием техногенно-го осолонцевания.

3. Подбор древесно-кустарниковых пород для озеленения населенных мест и придорожных территорий должен осуществляться с учетом устойчивости к солонцеватости как с точки зрения видового состава, так и выбора более устойчивых к засолению форм, типичных для столичного региона растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Азовцева Н.Л.* Влияние солевых антифризов на экологическое состояние городских почв, Автореф. канд. дисс. М.: МГУ, 2004. — 2. *Азовцева Н.А., Смагин А.В., Лазарева Н.В., Францев В.В.* Оценка влияния солевых антифризов на экологическое состояние почв и растительного покрова в городских почвах // В сб. Экология и биология почв. Ростов-на-Дону, 2005. — 3. *Александрова А.Б.* Состояние почв г. Казани // В сб. Деградация почвенного покрова и пределы агроландшафтного земледелия. Ставрополь, 2001. — 4. *Банников В.Н.* Изменение свойств дерново-подзолистых почв Московской области при применении минеральных удобрений. Автореф. канд. дисс М.: МСХА, 2003. — 5. *Духанин Ю.А., Савич В.И., Замараев А.Г. и др.* Экологическая оцен-

ка взаимодействия удобрений и мелиорантов с почвой. М.: Росинформагротех, 2005. — 6. *Минеев В.Г.* Агрохимия и экологические функции калия. М.: МГУ, 1999. — 7. *Никифорова Е.М., Лазукова Г.Г.* Москва, Перовский район // В кн. Экогеохимия городских ландшафтов. М.: МГУ, 1995. С. 57-90. — 8. *Обухов А.И., Кутукова Ю.Д.* Состояние почв детских садов (на примере Ленинского р-на Москвы) // В сб. Экологические исследования в Москве и Московской области, М., 1990. С. 212-214. — 9. *Просенков В.И.* Изменение температуры и минерализации подземных вод на территории Москвы // Разведка и охрана недр, 1974. №12. — 10. *Байбеков Р.Ф., Савич В.И., Овчаренко М.М.* Методы исследования городских почв. М.: РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2007. — 11. *Савич В.И., Химица Е.Г., Федорин Ю.В. и др.* Почвы мегаполисов, их экологическая оценка, использование и создание (на примере г. Москвы). М.: Агробизнесцентр, 2008. — 12. *Строганова М.Н., Мяжкова А.Д., Прокофьева Т.В.* Городские почвы: генезис, классификация, функции // В кн. Почва, город, экология. М., 1997. С. 15-88. — 13. *Строганова М.Н., Агаркова М.Г., Мяжкова А.Д.* Почвы города Москвы: тревоги и надежды // В сб. Почва, город, экология. М., 1997. С. 179-266.

Рецензент — д. б. н., проф. И.М. Яшин

SUMMARY

Long-term investigation of soil contamination in Moscow region shows that part of soil next to highways, roads and cattle-breeding farms undergoes alkalinity which is due to application of anti-icy conditions on roads reagents, feeding cattle additional NaCl, ill-balanced use of potash fertilizers. Phyto-toxicity degree gradation of soils in region has been offered according to their alkalinity that reaches from 2 to 12%.