

# ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Известия ТСХА, выпуск 3, 2003 год

УДК 631.4

## ПОЧВЫ МЕГАПОЛИСОВ И ИХ СОЗДАНИЕ

**В.И. САВИЧ, Е.А. РОМАНЧИК, В.ОРТЕГА,  
А.В. АЛАРКОН, Ф.Н. РОДРИГЕС**

(Кафедра почвоведения)

**В работе показано, что гибель растений в условиях мегаполисов (городов Москвы, Уфы и Мехико) обусловлена сочетанием неблагоприятных факторов и происходит в связи с эффектом синергизма ниже предельно допустимых концентраций, установленных для отдельных компонентов. При загрязнении почв тяжелыми металлами происходит их выделение в воздух с транспирацией растениями и испарением из почв. Предлагается создание различных грунтов для мегаполисов в зависимости от характера и уровня загрязнения, рельефа и типа водного режима.**

Лесопарковый пояс является важным фактором, обеспечивающим здоровье людей, эффективность технологических циклов. Почвенный и растительный покров лесов и парков задерживает и нейтрализует токсичные компоненты, выбрасываемые в воду и в воздух промышленными предприятиями, автотранспортом,

коммунальными службами. Состояние лесопаркового пояса определяет чистоту вод и воздуха, которые необходимы как для жизни людей, так и для технологических процессов ряда предприятий.

Учитывая огромное влияние лесопаркового пояса и скверов мегаполисов на жизненно важные функции города, следует отметить не

Печатается в рамках сотрудничества с учеными Сельскохозяйственного университета Чапинго (Мексика).

только экологическую, но и существенную экономическую значимость его сохранения и оптимизации. К сожалению, в решении этого вопроса все обстоит не так благополучно. Повсеместно отмечается усыхание верхушек деревьев, отмирание ветвей, отслаивание коры, гибель деревьев. Травянистый покров значительной территории парков скудный, больной. Деградированные почвы и угнетенные деревья не обеспечивают очистку воздуха и вод от вредных примесей и патогенных микроорганизмов, что требует дополнительных затрат в технологических циклах их очистки.

Все вышеизложенное определяет актуальность поставленной темы.

### **Объекты исследования**

Объектами исследования выбраны почвы и растительный покров мегаполисов: Измайловского парка и Лесной опытной дачи МСХА, скверов в г. Москве, парка университета Чапинго в Мехико, парка им. Гастелло в Уфе.

Парк им. Гастелло в г. Уфе расположен на деградированных темно-серых лесных и черноземных почвах разной степени глееватости, на урбаноземах. рН(H<sub>2</sub>O) почв —

7,0–8,5; сумма поглощенных оснований — 30–60 мгэкв/100 г, содержание гумуса — 3–6%. Подтопляемые рекой участки имеют слабое сульфатно-содовое засоление при плотном остатке до 0,2%.

В парке г. Уфы в соответствии с принятыми экологическими тестами почвенный покров по степени перекрытия почв абиотическим наносом относится к зоне экологического бедствия, по превышению уровня грунтовых вод выше критического — к зоне чрезвычайной экологической ситуации, по шкале категорий состояния хвойных и лиственных пород — к сильно ослабленному состоянию. По плотности почв и по проективному покрытию травостоем территория относится к зоне экологического риска; по повреждению древостоя — также к зоне экологического риска и локально — к зоне экологического кризиса.

рН(H<sub>2</sub>O) почв парка Чапинго составляет 6,9–7,8; содержание подвижных форм тяжелых металлов увеличено в верхних горизонтах. Так, содержание подвижных форм в горизонтах А, и В для Fe составляет 35,1 и 5,4; Си — 2,8 и 1,5; Zn — 12,3 и 2,4; Ni — 1,4 и 0,7; Рb — 6,1 и 0,6; Сг — 0,4 и 0,2 мг/кг. Экологическое состояние

почв оценивается по плотности как удовлетворительное; по фитотоксичности как бедствие; по состоянию древостоя — как риск; по содержанию тяжелых металлов цинка, свинца, никеля и меди — как риск и локально как кризис.

Преобладающими почвами в парках и скверах г. Москвы являются дерново-подзолистые почвы разной степени эродированности, глееватости, оподзоленности и нарушенности. Частично их характеристика дана в ранее опубликованных работах [2, 11, 12]. Экологическое состояние исследуемых почв оценивается по плотности как риск; по фитотоксичности в основном как бедствие; по состоянию древостоя и содержанию тяжелых металлов — от градации риск до градации бедствие.

Как следует из результатов полевого обследования и результатов лабораторных анализов, почво-грунты парков и скверов характеризуются рядом негативных физико-химических, биологических, водно-физических свойств. В большинстве случаев они представляют собой физические и химически преобразованные урбаноземы с насыпным, относительно плодородным гумусово-аккумулятивным горизонтом,

обогащенным питательными веществами. В то же время профиль почв сильно замусорен, загрязнен, в нижней части с обломками камней и строительного мусора. С течением времени верхние горизонты все более подвергаются загрязнению тяжелыми металлами, а в бореальном поясе — и солями, используемыми для таяния снега.

### Методика

В работе одновременно определяли валовые и подвижные формы тяжелых металлов в почвах и растениях, в том числе с использованием методов химической автографии на основе электролиза [13, 19]. Изучали физико-химические и водно-физические свойства почв, определяли микробиологическую активность почв. Недостаток и избыток элементов в растениях и грунтах устанавливали, используя метод функциональной диагностики. В полевых условиях определяли экологическое состояние лесопаркового пояса. В модельных экспериментах оценивали фитотоксичность почв [17]. Проводили оценку возможности оптимизации свойств загрязненных почв, оптимизации развития угнетенных растений с использованием

электрофоретической подкормки их элементами питания и внесения органоминеральных удобрений, обогащенных микроэлементами за счет их анодного растворения с водорастворимым органическим веществом компостов [5, 21].

*Особенности формирования почв мегаполисов и их свойств.* Особенности факторов почвообразования в парках и скверах мегаполисов связаны часто с подтоплением территории в связи с утечкой воды из водопроводов, усилением загрязнения токсикантами, в связи с деятельностью транспорта и промышленных предприятий, с увеличением температуры водной и воздушной среды. Для территорий скверов характерно загрязнение их строительным мусором в нижних частях профиля, накопление патогенных микроорганизмов в верхних горизонтах в связи с выгулом домашних животных.

Территории городов отличаются меньшей скоростью ветра, что приводит к большему аэрозольному загрязнению, конденсации осадков. Территории в определенной степени подвержены загрязнению моющими средствами и токсикантами, содержащимися в поверхностных водах. При наличии осадков, в виде

снега, прилегающие к дорогам участки засолены и осолонцованы. Почвы парков и скверов в городах формируются при резко отличающихся от естественных условий параметрах магнитного, гравитационного и электрического полей.

К сожалению, в районах крупных городов возникает значительное загрязнение окружающей среды. Содержание пыли в крупных городах в воздухе достигает 1 кг на 1 м<sup>2</sup> территории в год. Компоненты природной среды: почвы, растительность, а в отдельных пунктах г. Москвы и воздух загрязнены тяжелыми металлами, концентрация которых в 10~15 раз превышает природные фоновые содержания [6]. По данным [22], содержание тяжелых металлов в урбанизмах Москвы достигает (в вытяжке 1л. HNO<sub>3</sub>, мг/кг) для свинца — до 300, меди — до 130, цинка — 400, кадмия — 20, марганца — 240, железа — 2900, кобальта — до 50, никеля — 15, вольфрама — до 15. В ряде случаев концентрация фенола в воздухе превышает ПДК в 30 раз, а бенз(а)пирена — в 3-4 раза. В отдельных участках их содержание достигает 0,32 мг БП на 1 кг почвы, что в 16 раз выше ПДК. При залповых сбросах сточных вод содер-

жание в воде азота превышает ПДК в 10-50 раз [6].

Загрязнение среды в районах мегаполисов, естественно, приводит к угнетению растительности, к уменьшению устойчивости растений к вредителям и болезням. Однако в отдельных участках города, в парках и скверах, на магистралях отмечается разный характер и степень загрязнения, что приводит и к различному поражению растений [22].

### Экспериментальная часть

Как установлено исследованиями, изученные почвы мегаполисов в значительной степени загрязнены тяжелыми металлами. Для участков Измайловского парка г. Москвы отмечалось увеличение содержания выше ПДК для подвижных форм (растворимых в  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  с pH 4,8) кадмия и свинца; для некоторых участков — по марганцу и для отдельных локальных территорий — по меди и цинку. В то же время содержание подвижных форм свинца в отдельных точках достигает 12 мг/кг, что соответствует очень высокой степени загрязнения, а содержание подвижных форм кадмия достигает 1 мг/кг, что соответствует 4-му уровню загрязнения. Уровень загряз-

нения почв коррелирует с расстоянием от дорог, гранулометрическим составом почв. Содержание подвижных форм тяжелых металлов больше при большей гумусированности почв и более низких значениях pH, в пониженных элементах рельефа.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах парка им. Гастелло (Уфа), растворимых в уксуснокислом аммонии с pH 4,8, составляет следующий порядок величин: Pb —  $3,7 \pm 0,5$ ; Cd —  $0,32 \pm 0,05$ ; Fe —  $9,75 \pm 1,7$ ; Mn —  $6,25 \pm 1,25$ ; Ni —  $1,25 \pm 0,25$ ; Cr —  $0,17 \pm 0,02$ ; Cu —  $2,0 \pm 0,75$ ; Zn —  $3,5 \pm 0,5$  мг/кг. Таким образом, по загрязнению свинцом почвы относятся к 4-й градации загрязнения, по меди и кадмию — ко 2-й. Валовое содержание тяжелых металлов (растворимых в концентрированной HCl, время взаимодействия — 2 нед.) составляет для свинца —  $29 \pm 6$  мг/кг, кадмия —  $13 \pm 8$ , железа —  $186 \pm 65$ , марганца —  $18 \pm 9$ , никеля —  $30 \pm 4$ , хрома —  $12 \pm 2$ , меди —  $59 \pm 21$ , цинка —  $28 \pm 3$  мг/кг. Таким образом, почвы по валовому содержанию тяжелых металлов слабо загрязнены свинцом; относятся ко 2-й группе по загрязнению кадмием; к 1-й группе — по загрязнению медью. Однако с учетом

**Содержание водорастворимых форм тяжелых металлов  
в почвах парка им. Гастелло (Уфа) разной степени  
гумусированности и кислотности, мг/100 г (мг/л)**

Ионы	Гумус, %		рН (Н <sub>2</sub> О)	
	> 4,0	< 4,0	> 8,0	< 8,0
Fe	0,32±0,13	0,01±0,01	0,20±0,1	0,20±0,2
Mn	0,11±0,04	0,01±0,01	0,03±0,01	0,12±0,05
Pb	0,18±0,06	0,15±0,03	0,13±0,02	0,15±0,03
Ni	0,08±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01	0,08±0,01
Cd	0,01	0,01	0,01±0,01	0,02±0,01

гранулометрического состава почв и рН уровень загрязнения будет отличаться [5, 23, 24]. Содержание водорастворимых форм тяжелых металлов в почвах в основном увеличивается с увеличением степени гумусированности, с уменьшением рН(Н<sub>2</sub>О) менее 8 и с облегчением гранулометрического состава.

Содержание тяжелых металлов в почвах Лесной опытной дачи МСХА в основном ниже предельно допустимой концентрации, принятой для валовых и подвижных форм элементов. Однако в некоторых точках лесопарка содержание кадмия близко к ПДК, содержание свинца, цинка — выше ПДК.

Антропогенное воздействие города на лесопарк привело к усилению степени гидроморфизма, степени деградации почвенно-растительного покрова, но к

уменьшению развития подзолообразования. С 1957 г. рН(КС1) увеличилось от 3,5—4,6 до 5,0-5,5; значительно уменьшилось содержание подвижного алюминия.

Содержание тяжелых металлов в исследуемых почвах оценивалось Н.М. Грачевой на образцах 1910, 1992, 1997 гг. За 80-90 лет содержание свинца изменилось в разных точках от 6 до 62-132 мг/кг; кадмия — от 0,04 до 0,4-0,6; цинка — от 11,5 до 45-211. При этом в 1,5-5 раз возросла и доля их кислотно-растворимых форм [4]. Содержание тяжелых металлов было выше вблизи источников загрязнения, на почвах более глинистых, в пониженных элементах рельефа.

Величина предельно допустимых концентраций тяжелых металлов для растений зависит от селективности к ним корневых систем, дли-

тельности жизни растения, скорости протекающих в нем процессов метаболизма, фазы развития растения. Величина ПДК для растений уменьшается с увеличением продолжительности жизни растения, с увеличением интенсивности процессов метаболизма, на ранней фазе развития растения, с увеличением селективности к токсиканту сорбционных мест корневых систем.

Протекающие почвообразовательные процессы существенно влияют как на форму соединений тяжелых металлов в почвах, так и на их миграцию и аккумуляцию. Тяжелые металлы попадают из воздуха на растительный покров и смываются оттуда в почву уже в значительной степени в виде комплексных соединений с выделениями растений. Состав этих соединений зависит от растительного покрова. Попадая в почву, тяжелые металлы образуют в перегнойно-аккумулятивном горизонте новые комплексы с водорастворимыми органическими лигандами, заряженные как положительно, так и отрицательно. При развитии подзолообразования это приводит к обеднению верхних горизонтов токсикантами. В то же время развитие дернового процесса приводит к аккумуляции токсикантов в горизонте  $A_r$ . Они

осаждаются там и в связи с более нейтральной реакцией среды в этом горизонте.

Сочетание процессов азрального и биологического накопления тяжелых металлов и их элюирование приводит к перераспределению их по профилю почв. Так, например, содержание свинца на одном из участков в горизонтах  $A_p$ ,  $A_2$ , В составило соответственно  $56,2 \pm 9,2$ ,  $16,1 \pm 3,1$  и  $17,9 \pm 4,6$  мг/кг; содержание кобальта — соответственно  $23,4 \pm 5,8$ ,  $22,2 \pm 7,2$  и  $39,4 \pm 0,1$ ; содержание хрома —  $10,1 \pm 4,5$ ,  $3,7 \pm 1,0$  и  $4,9 \pm 2,8$  мг/кг. При этом опад разных насаждений неодинаково влияет на накопление и элюирование элементов.

По полученным нами данным, рН( $H_2O$ ) почв в скверах г. Москвы колебалась от 4,1 до 7,4, а рН( $H_2O$ ) применяемых торфосмесей — от 3,4 до 7,6. Ен по хлорсеребряному электроду при влажности, равной полной влагоемкости, составлял в почве от -220 до +405, а в торфосмесях — от -220 до +490 мВ. Содержание в водной вытяжке и вытяжке  $HC1$  из почв (мг/100 г) для свинца составляло до 0,07 и 0,265; меди — до 0,015 и 0,5; марганца — до 0,27 и 0,48. Для применяемых торфосмесей аналогичные параметры для свинца составляли — до 0,09 и 0,27; меди —

до 0,015 и 0,78; марганца — от 0,21 до 2,75 мг/100 г почв. Таким образом, в ряде случаев свойства почв и применяемых грунтовых смесей были неудовлетворительны. Фитотоксичность почв скверов, оцениваемая по биотестам, составляла от 10 до 65% по развитию корней биотестов и от 10 до 53% по развитию стеблей биотестов.

*Микробиологическая активность почв мегаполисов как индикатор их состояния.*

Микробиологическая активность почв является хорошим индикатором загрязнения [3]. При этом разные соединения тяжелых металлов влияют на почвенную биоту неодинаково. Подвижные формы соединений имеют большую активность. По токсичности в общем виде ряд тяжелых металлов можно представить в следующем виде:  $Hg > Cd > Ni > Cu > Pb$ . Торможение ряда процессов наблюдается при концентрациях тяжелых металлов более 100-500; 1000 мг/кг; полная гибель микроорганизмов — при концентрациях более 1000-70000 мг/кг в зависимости от типа почв, токсичности тяжелого металла и выбранного биотеста. При этом снижение активности отдельных ферментов отмечается при содержании тяжелых металлов более 3-100 мг/кг.

Строганова М.П. [22] отмечает, что городская почва более неустойчива к таким воздействиям, и в ней биохимические процессы протекают интенсивнее.

Оценка микробиологической активности проведена нами в почвах парка г. Уфы, Измайловского парка, Лесной опытной дачи МСХА г. Москвы. В почвах парка им. Гастелло (Уфа) в образцах, компостированных в условиях оптимальной влажности, определяли кишечную палочку, бактерии группы кишечной палочки, нитрифицирующие бактерии, *Clostridium perfringens*, термофильные и мезофильные бактерии по общепринятым методикам. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии микрофлоры, соответствующей свежему фекальному загрязнению. В то же время отмечалась достаточная численность термофильных бактерий, говорящих об имевшем место органическом загрязнении этих почв и идущем процессе самоочищения почв. Все образцы исследуемых почв можно отнести по загрязнению термофильными бактериями к категории «загрязненные» ( $1,4 \cdot 10^3$ — $1,7 \cdot 10^4$  кл/г почвы). Ряд территорий был загрязнен и по титрам *Cl. perfringens*.

Исследования микробиологической активности в почвах ЛОД проводилось Переверзевой А.Л., Мосиной Л.В., Грачевой Н.М. Отмечается значительное сокращение видового состава и разнообразия комплекса почвенных микроорганизмов при загрязнении. Наиболее чувствительными к загрязнению были виды рода *Bacillus*. Исследованиями Переверзевой А.Л. [18] показано уменьшение численности и обеднение видового состава микроорганизмов почв прикорневой зоны березы, сосны, дуба под действием повышенного содержания свинца. Автором установлено, что роды *Streptomyces*, *Mycobacterium*, *Actinomyces*, *Micromonospora* могут служить индикатором загрязнения. Наиболее устойчивой к воздействию свинца являлась микрофлора прикорневой зоны сосны.

Состав микроорганизмов существенно менялся и при избыточном уплотнении почв ЛОД. По данным Мосиной Л.В., Грачевой Н.М. [4], при увеличении плотности почв происходило перераспределение микроорганизмов с глубиной и уменьшением их количества. При этом микроорганизмы перемещались в менее плотные нижние слои гумусового горизонта. Под влиянием уплотнения

выявлено возрастание доли спорообразующих бактерий с 15,9 до 19,4% в дубовых насаждениях и с 12,0 до 16,7% — в сосновых. При этом среди бациллярного населения возростала доля вида *Bac. idosus*, наиболее устойчивого к ухудшению аэрации. Значительный интерес представляет установленное авторами нарушение репродуктивных функций актиномицетов в условиях антропогенного загрязнения и рекреации, что проявлялось в увеличении доли лучистых грибов с 34 до 83%. Очевидно, что изменение при антропогенном воздействии микробиологической активности, в свою очередь, влияет на состояние культур, массу опада, характер его разложения, а следовательно, и на способность образующихся органических соединений к детоксикации тяжелых металлов и оструктуриванию почв.

В почвах Измайловского парка определяли общую численность аэробных микроорганизмов на мясопептонном (МПА) и крахмало-аммиачном (КАА) агаре, содержание бацилл в вегетативном состоянии, общую численность актиномицетов и их состав. Максимальная биологическая активность отмечается на хорошо аэрируемом

участке. В почвах газонов она достигает 49 млн. клеток в 1 г почвы, на тропинках — всего 2-3 млн. (по данным учета на МПА). Причем величина снижения зависит от состава фитоценоза. Наиболее чувствительны к уплотнению микроорганизмы, использующие органические формы азота (МПА), под березовыми древостоями. Здесь снижение численности аммонификаторов с увеличением рекреационной нагрузки достигает 75%, под липовыми — 50%. Травянистые фитоценозы занимают промежуточное положение.

Существенны различия и в степени минерализующих процессов, которые определяются участием микроорганизмов, развивающихся на более поздних этапах распада органического вещества — бациллами. Развитие данной группы микроорганизмов показывает значительную зависимость от степени рекреационной нагрузки и характера и наличия растительности. При уплотнении почвы замедляются процессы трансформации органического вещества на участках, занятых травянистой растительностью. В отсутствие растительного покрова, на тропинке, доля бацилл в минерализационных процессах значительна и составляет 17%.

В естественных условиях рекреации интенсивность минерализационных процессов выше под березовыми насаждениями (доля вегетативных бацилл (клеток) — 26%, под липовыми — 12,5%). Хорошие условия аэрации увеличивают и интенсивность минерализационных процессов. Так, численность бацилл в почвах газонов увеличивается до 8,5 млн. клеток. Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота (КАА), также зависят от уровня рекреации и состава фитоценоза. В условиях хорошей аэрации — в почвах газонов — численность микроорганизмов в несколько раз превышает таковую на участках с рекреационной нагрузкой (70 млн. клеток).

Значительное количество микроорганизмов на КАА развито и в дерново-глеевых почвах естественного уплотнения — 26 млн. клеток в 1 г почвы. Под лесными фитоценозами численность данной группы микроорганизмов меньше, особенно под березняком — 9 млн. клеток. В зависимости от состава фитоценоза в наибольшей степени уплотнение проявляется под липовыми древостоями (снижение микроорганизмов на КАА на избыточно плотных участках составляет около 50%, под березовыми —

**Групповой состав актиномицетов  
в почвах Измайловского лесопарка**

Состояние территории	Качественный состав									
	Albus	Albidus	Griseus	Globisporus	Lavendulae	Аспорогенные				
						Albus	Fradia	Griseus	Flavus	Albidus
Липа	+	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Береза	+	2	-	-	-	-	2	-	-	-
Трава	+	0,5	-	-	-	-	1	-	0,5	-
Тропинка	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	2
Газон	+	2	2	0,5	-	1	1,5	-	-	2

П р и м е ч а н и е. + участки нормальной плотности; — избыточной.

30%). На тропинке численность микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, также сокращается, примерно, на 30% (25 млн. и 18 млн. клеток соответственно) по сравнению с участками, занятыми травянистой растительностью.

Данные экологические факторы по-разному влияют на поведение актиномицетов. Их численность здесь невелика, за исключением почв газонов, и составляет от 1 до 3 млн. клеток (в почвах газонов 9 млн. клеток актиномицетов). Под влиянием уплотнения их относительное содержание, как и абсолютное, снижается, особенно под

древесными фитоценозами. Если по численности актиномицетов не обнаруживаются резко выраженных различий (за исключением почв газонов) в зависимости от состава и состояния фитоценоза, то качественный состав личистых грибочков имеет существенные различия. Так, луговой биогеоценоз отличается от лесного значительным разнообразием актиномицетов.

Здесь обнаруживаются актиномицеты групп Griseus, Globisporum, Albus, в небольшом количестве представлены стерильные формы: Albus, Griseus. На тропиновых территориях

групповое разнообразие сокращается и представлено в основном бесцветными стерильными формами *Albus*. Наибольшее групповое разнообразие актиномицетов на газонной территории — и окрашенные, и бесцветные формы — группы *Griseus*, *Lavendulae*, *Albus*, *Albidus*. Встречаются такие стерильные формы *Albus*, *Albidus*. На участках повышенного уплотнения встречаются лишь стерильные формы лиственных грибов.

*Воздушные выделения почв и растений как индикатор их загрязнения.* Состав воздушных выделений растений и почв является для них характеристическим и может служить диагностическим показателем состояния объекта. Воздушные выделения с транспирацией растений содержат различные элементы. Так, в конденсатах транспирации туи в парке Чапинго (Мехико) рН составляло 6,7; электропроводность  $DS\ \text{ш}^{-1}$  — 0,08; со-

держание железа, меди, цинка, свинца (в мг/л) — соответственно 0,04; 0,04; 0,03 и 0,02. Древесные и кустарниковые породы выделяют с транспирацией тяжелые металлы в значимых количествах, что может представлять опасность при поглощении таких паров человеком. В то же время накопление тяжелых металлов растениями и их содержание в продуктах испарения в определенной степени пропорционально их содержанию в почве (табл. 3).

Как видно из представленных данных, в транспирационных выделениях древесных пород отмечается значимая концентрация свинца и меди. При увеличении содержания свинца в питательном растворе отмечается тенденция к увеличению свинца и в воздушных выделениях растений.

Однако в связи с защитной функцией корней неограниченного накопления токсиантов в растениях не про-

Т а б л и ц а 3

**Изменение содержания свинца в воздушных выделениях листьев древесных пород (клена, ясеня) при увеличении содержания свинца в питательном растворе**

Вариант	Содержание (мг/л) в эвапоратах	
	Pb	Cu
Контроль + свинец	0,10±0,04 0,18±0,02	0,02±0,00 0,03±0,01

исходит даже при очень высоком их содержании в почве. Растения чаще погибают [1, 7, 9]. С увеличением содержания тяжелых металлов в листьях в большей степени увеличивается их концентрация в эвапоратах из них. Это иллюстрируют данные табл. 4.

При увеличении количества меди и свинца в почве и в растениях они больше выделяют их с транспирацией, что может использоваться для оценки загрязнения почв тяжелыми металлами.

Влияние одних растений на другие обусловлено как их конкурентной борьбой за факторы жизни (свет, тепло, влагу, элементы питания, пространство над почвой и внутри почвы), так и физическими полями, выделяющимися воздушными и корневыми экзаметаболитами, химическим составом разлагающихся остатков. При этом знак влияния этих факторов может быть неодинаков. В табл. 5 приведены данные о влиянии физических полей деревьев, запаха их

Т а б л и ц а 4

**Изменение содержания меди в воздушных выделениях листьев травянистых растений при электрофоретическом введении в них Си (мг/л)**

Растение	Контроль	Электрофоретическое введение Си в листья
Одуванчик	0,08±0,02	0,17±0,10
Подорожник	0,03±0,01	0,19±0,16
Мать-и-мачеха	0,08±0,01	1,56±1,4

Т а б л и ц а 5

**Влияние физических полей деревьев, воздушных экзаметаболитов листьев и продуктов распада листьев на прорастание семян биотеста (см)**

Растение	Физическое поле деревьев		Воздушные экзаметаболиты		Продукты разложения листьев	
	корни	стебли	корни	стебли	корни	стебли
Юка	0	0	1,1	0,2	0	0
Перуанское дерево	0,1	0	1,2	0,7	0,7	0,7
Пальма	1,2	0,4	2,0	0,6	2,5	2,1
Сосна	1,3	0,5	1,5	0,4	1,4	1,0

листьев и продуктов разложения листьев на прорастание семян биотеста. Так, влияние рассматриваемых факторов на прорастание семян неодинаково. У разных растений отмечается и своя интенсивность влияния этих факторов на развитие проростков биотеста. Ингибирующее влияние на развитие проростков оказали физические поля, воздушные экза-метаболиты и продукты распада листьев юки. Большое положительное влияние проявляется для пальмы.

*Причины гибели древесных и кустарниковых культур в почвах мегаполисов.* При анализе причин деградации почвенно-растительного покрова мегаполисов г. Москвы, Уфы, Мехико установлены следующие факторы, вызывающие эти процессы.

1. Избыточное увлажнение и оглеение почв в пониженных элементах рельефа, при близком водоупоре прослоек строительного мусора, при близком уровне грунтовых вод, малой водопроницаемости почв тяжелого гранулометрического состава, при их переуплотнении и осолонцевании. Увеличение содержания органического вещества в насыпных грунтах приводит к активации микробиологической активности и к более быстрому разви-

тию анаэробнозиса при подтоплении почв. Это ограничивает содержание органического вещества в грунтах западин примерно до 4%.

2. Засоление и осолонцевание почв при применении реагентов для таяния снега. При малой водопроницаемости насыпных грунтов соли не вымываются за пределы почвенного профиля и часто накапливаются в пониженных элементах рельефа.

3. Избыточная плотность почв, достигающая 1,5 — 1,7 г/см<sup>3</sup>, как в верхнем горизонте в связи с вытаптыванием, так и в нижних горизонтах за счет большого количества строительного мусора.

4. Вытаптывание растительности при плохом уходе за посадками, при неправильной схеме дорожек, при избыточной нагрузке на напочвенный покров в связи с малой площадью зеленых насаждений на одного жителя города.

5. Загрязнение почв органическими и минеральными токсикантами выше допустимых норм.

6. Загрязнение воздушной среды выше допустимых норм.

7. Загрязнение грунтовых вод выше допустимых норм.

8. Угнетение растительного покрова в связи с почво-

утомлением, при токсичности продуктов разложения листьев древесных культур для развивающихся в нижнем пологе травянистых растений.

9. Кислая или щелочная реакция среды с рН менее 4,0 и более 8,0.

10. Недостаток элементов питания на почвах очень легкого гранулометрического состава.

11. Недостаток микроэлементов и несбалансированное отношение азота, фосфора и калия, обусловленное рН, Eh почв, их увлажнением и составом применяемых торфосмесей.

12. Пересыхание почв и недостаток воды на повышенных элементах мезо- и микрорельефа.

13. Неправильный подбор культур для наблюдаемого уровня загрязнения и свойств почв.

14. Несовместимость культур разного яруса по воздушным и корневым выделениям.

15. Неблагоприятный газовый состав почвенного воздуха в связи с утечкой из газопроводов, вблизи асфальтовых покрытий, при отсутствии воздухопроницаемости отдельных участков, в первую очередь, пешеходных дорожек.

16. Неблагоприятные для плодородия почв и развития

растений локальные гравитационные и электрические поля, геопатогенные зоны.

Гибель деревьев часто отмечается как при их ломке, так и в связи с тем, что их корневая система постепенно выходит из объема ямы с насыщенным, хорошим грунтом и погибает под влиянием токсикантов. Посадка деревьев в ямы с относительно малой плотностью приводит к стеканию в них вод и вымоканию.

Одной из важных причин угнетения и гибели деревьев в мегаполисах является загрязнение среды. Так, среднее содержание химических элементов (валовых форм) в фоновых объектах, по данным работы «Состояние зеленых насаждений в Москве» (2001), в поверхностном слое почв составляло: Ti — 6000 мг/кг; As — 6,6; Zr — 420; Pb — 26; Cr — 46; Ba — 230 мг/кг. В листьях деревьев содержание этих элементов в тех же единицах достигало Ti — 32; Pb — 3,2; Cr — 0,3; Ba — 212 мг/кг.

Исследования показали достаточно тесную связь химического состава почв и древесных культур. Установлена чувствительная реакция древесных культур на загрязнение почв тяжелыми металлами на уровне ниже 0,5 ПДК. В кронах древесных культур накапливаются

элементы питания и токси-каны не только в зависи-мости от их содержания в воздухе, но и от содержания их активных форм в почвах, селективности корневых систем и особенностей процес-сов метаболизма. При этом древесные культуры имеют более длительный жизнен-ный цикл по сравнению с травянистыми. Токсикант в них многократно включает-ся в процессы метаболизма, в большей степени может накапливаться. В связи с этим древесные культуры начинают угнетаться при более низких концентрациях токсикантов в почвах (на уровне 0,1-0,5 ПДК).

Содержание тяжелых металлов в листьях растений в определенных пределах пропорционально содержанию их подвижных форм в почве. Так, для растений в районе Мехико с аккумуляцией свинца отношение  $\text{Ca}:\text{Pb} = 32$ ;  $\text{Fe}:\text{Pb} = 2,7$ , а для этих же растений без загрязнения свинцом отношение  $\text{Ca}:\text{Pb} = 140$ ;  $\text{Fe}:\text{Pb} = 17$ . Для разных растений, загрязненных кад-мием, отношение в листьях кальция к кадмию составля-ло 234-267, а в листьях без загрязнения — 555-304. Для растений, загрязненных ме-дью, отношение кальция к меди составляло 48-60, а в листьях без загрязнения — 141-200.

Исследования также пока-зали существенную связь со-держания катионов в почвах и органах растений листвен-ницы, липы, дуба, для райо-на Лесной опытной дачи в Москве [4, 8, 11, 12]. Вели-чина предельно допустимых концентраций тяжелых ме-таллов в почвах возрастает с увеличением рН, с увеличе-нием емкости обмена катио-нов с утяжелением грануло-метрического состава, с уве-личением прочности связи этих катионов с твердой фа-зой, с уменьшением скорос-ти их перехода из твердой фазы в раствор, т.е. с увели-чением доли минералов типа монтмориллонита и верми-кулита. В грязных листьях аккумуляция тяжелых ме-таллов существенно выше, чем на отмытых от пыли. Это иллюстрируется данными табл. 6. При этом в грязных листьях чаще выше и соот-ношение положительно и отрицательно заряженных соединений тяжелых метал-лов. Так, для чистых и гряз-ных листьев это соотноше-ние составляет: для свин-ца — 1,3 и 1,6; цинка — 3,1 и 5,5; кадмия — 0,8 и 1,0; ме-ди — 1,2 и 2,1. В загрязнен-ных листьях, естественно, и выше доля тяжелых метал-лов по сравнению с листь-ями незагрязненными. Для того же растения агуахаты

**Аккумуляция тяжелых металлов в листьях агуахаты парка  
Чапинго (мг/л)**

Вариант	Заряд соедине- ний	Pb	Mn	Zn	Fe	Cd	Cu
Листья отмытые	+	0,10	0,36	0,40	2,2	0,03	0,13
	-	0,07	0,20	0,14	0,6	0,04	0,11
Листья с налетом пыли	+	0,25	0,47	0,44	2,1	0,05	0,13
	-	0,16	0,30	0,08	1,0	0,05	0,06

в чистых листьях отношение (Ca:Mg) : (Pb+Cd) составляет 140, а в грязных — 56. Аналогичная зависимость прослеживается и для других растений.

Загрязнение почв, водной и воздушной среды токсикантами приводит и к загрязнению ими растений. Это сопровождается уменьшением активности фотосинтеза. В районе Измайловского парка мы определяли количество накопленного углерода в листе по разности его содержания в начале и в конце опыта при интервале времени 3 ч (при площади дисков из листьев 3 см<sup>2</sup>). Полученные данные позволяют сделать следующие выводы.

Изучались 3 вида травянистой и 2 вида древесной растительности, для которых численные значения интенсивности фотосинтеза различны: для первых они больше в 1,5-2 раза. Среди травянистых

растений максимальную интенсивность фотосинтеза имела недотрога мелкоцветная, отсюда можно предположить, что однолетние растения с более коротким вегетационным периодом имеют большую интенсивность фотосинтеза. Различен и суточный ход интенсивности фотосинтеза: у травянистых имеется максимум в полдень или близко к полудню, у древесных прослеживается ясный плосковершинный тип кривой (для изученных условий и растений). Наблюдается снижение интенсивности фотосинтеза для всех видов с начала опыта в течение месяца, что можно объяснить всеобщей тенденцией к снижению интенсивности фотосинтеза к концу лета вследствие падения количества поступающей солнечной радиации по причине уменьшения температуры воздуха и облачной погоды, а также покрытия растительности

налетом токсикантов, что проявляется как визуально по заметному маслянистому налету, так и по результатам анализов.

Очевидно, что определенные почвы более подходят и определенным растениям. Более правильно использовать в качестве биотеста то растение, которое планируется к выращиванию на данной почве. Это подтверждают данные табл. 7.

С учетом достоверности результатов, отмечается тенденция более интенсивного развития на данной почве семян канада-грин. Однако для разных исследуемых почв парков отмечалось максимальное развитие разных видов трав.

*Комплексная оценка деградации почвенно-растительного покрова мегаполисов.* Исследования показали, что устойчивость почв к антропогенному воздействию определяется устойчивостью к деградации всех компонентов экологической системы (рельефа, растительности, биоты, почвообразующих пород).

При слабой устойчивости к деградации одного из компонентов экосистемы равновесие и в других компонентах нарушается. При слабой устойчивости к деградации одного компонента вся совокупность является также неустойчивой.

С нашей точки зрения, при оценке системы факторов, вызывающих деградацию, необходимо оценивать не только их интенсивность, но также продолжительность воздействия, градиент между компонентами экосистемы, закономерную смену параметров во времени. Устойчивость к определенным типам деградации даже у одной почвы различна. Почва может быть устойчивой к восстановлению, но неустойчива к подкислению, загрязнению и т.д. При этом на разных этапах деградации буферная емкость почв по отношению к ней меняется.

*Расчет для мегаполисов почв с заданными свойствами.* Следует отметить, что требования к городским почвам существенно отличаются

Т а б л и ц а 7

**Развитие травянистых растений на грунте «Живая земля» (мм)**

Орган растения	Клевер красный	Полевица	Тимофеевка	Канада-грин	Райграс	Кресс-салат
Корни	0,9±0,5	0,9±0,8	1,9±0,3	3,8±0,4	3,0±0,6	3,0±0,9
Стебли	3,2±0,8	2,2±0,6	2,2±0,3	6,3±0,8	3,4±0,7	4,7±0,9

ся от моделей плодородия зональных почв. В связи с большим количеством строительного мусора городские почвы имеют нейтральную или слабощелочную реакцию среды, более уплотнены, обладают водопроницаемостью ниже оптимальной. Они всегда загрязнены тяжелыми металлами, нефтепродуктами, засолены в связи с применением реагентов для таяния снега. Для хорошего развития растений в них должно содержаться значительно больше гумуса, подвижных форм элементов питания, чем это принято для зональных почв. В то же время в них допустимо большие количества токсикантов, чем в почвах огородов и полей, т.к. продукция с этих территорий не используется в пищу. Одной из особенностей городских почв является необходимое условие их антимикробной функции в связи с переносом по воздуху патогенных микроорганизмов из скверов в квартиры. В ряде случаев большое значение имеет устойчивость почв к переуплотнению в связи с большей нагрузкой числа жителей на 1 м<sup>2</sup> площади. Характеристической особенностью этих почв является и то, что буферные их свойства наиболее важны не в тех интервалах, которые

приняты для пахотных почв [16].

Несмотря на значительную антропогенность почвенного профиля (насыпной грунт составляет от 10 до 40 см), городские почвы так же, как и зональные почвы соседних территорий лесов и пашен, характеризуются остаточным влиянием предшествующих стадий почвообразования и изменяются во времени под влиянием природных и антропогенных факторов почвообразования. В таежно-лесной зоне предшествующее развитие почв проявляется в наличии подзолистого и иллювиального горизонтов, перекрытых сверху искусственным наносом. Свойства этих горизонтов, так же как и состав почвообразующих пород (в Москве — покровных суглинков, моренных, флювиогляциальных и аллювиальных отложений), определяет развитие древесных культур. В большинстве парков сохранились и естественные почвы. Дальнейшая эволюция почв под влиянием естественных факторов почвообразования определяет в таежно-лесной зоне подкисление почв, развитие элювиально-иллювиального профиля, оглеения, а в сухостепных районах — засоление, солонцевание и опустынивание.

Для резко различающихся по характеру и степени загрязнения почв, водной и воздушной среды, для определенных литологических условий должны быть разработаны и использованы определенные виды мелиорации, состав грунтов по гранулометрическому составу, сорбционной емкости, гумусированности и протекторной функции почв, свои композиции ассоциаций растительного покрова [10,18,14,20].

Как и при выращивании сельскохозяйственных растений, на территории, планируемые под парки и скверы, разрабатываются следующие системы и технологии. Выбирается допустимый уровень антропогенной нагрузки по посещаемости, и с учетом этого планируется оптимальный рельеф территории, степень ее покрытия древесными культурами, газонами, кустарником, твердым покрытием, характер охраны от избыточного вытаптывания.

С учетом литологии, рельефа и климатических условий подбираются и конструируются грунты с заданной водопроницаемостью, характер дренажа. На основании планируемого характера и степени загрязнения конструируются грунты с заданным уровнем сорбционной емкости по отношению к раз-

личным видам сорбции, с заданными параметрами протекторных функций почв. С учетом планируемого характера и степени загрязнения почв, воздушной среды, вод, электромагнитного загрязнения, необходимых задаваемых пределов снижения шума, загрязнения пылью, от уровня грунтовых вод планируется состав растительного покрова [9, 22].

Учитывая взаимовлияние растений на уровне физических полей, воздушных выделений, растительного опада, корневых выделений и т.д., конструируются композиции отдельных групп растений и растительных ассоциаций, их необходимая смена во времени. В дальнейшем для определенных групп культур разрабатываются система обработки почв, система удобрений, система интегрированной защиты от вредителей и болезней, система селективной подкормки растений при непредвиденных, залповых выбросах токсиантов [17]. Планируются гарантированный срок функционирования грунтов и растительных ассоциаций, периоды и характер их ремонта. Рассматриваются необходимые затраты на создание парка или сквера для различных альтернативных вариантов их конструирования.

В большинстве случаев выгоднее сделать необходимые затраты и создать территорию парка или сквера, хорошо функционирующую в течение 20 лет, по сравнению с проведением небольших затрат каждый год при плохом качестве участка лесопарковой зоны.

Почвы или грунты для парков и скверов мегаполисов должны обладать достаточной влагоемкостью, аэрацией, оптимальным содержанием подвижных форм элементов питания, способностью задерживать и инактивировать токсиканты, патогенные микроорганизмы, оптимальной для городских условий плотностью и водопроницаемостью, биологической активностью.

Создание почв с заданной влагоемкостью достигается путем добавления в грунт верховых торфов с влагоемкостью 900-1200%, переходных с влагоемкостью 900-700%, низинных с влагоемкостью 700-600% (при влагоемкости почв порядка 60%) и при создании композиций с цеолитом. При этом достигается как оптимальная влагоемкость почв, так и удовлетворительная прочность связи воды с почвой, что важно для засушливых условий.

Создание почв с заданной водопроницаемостью прово-

дится путем создания в грунтах определенного процента частиц физической глины при смешивании песка, цеолита, торфа и дерновой земли. При этом оптимальный уровень водопроницаемости зависит от местоположения участка по рельефу, от водопроницаемости почвообразующих пород и от устойчивости выращиваемых культур к развитию анаэробии. Критерием является застой воды на поверхности почвы не более 5 ч.

Создание почв заданной сорбционной емкости проводится путем добавления в грунт цеолита с емкостью 200-400 мг экв/100 г (при емкости песка 5 мг-экв/100 г, глины — 40 мг-экв; гумуса — 500-800; торфа до 200 мг-экв/100 г). При этом регулирование сорбентов в виде цеолита, торфа и гумуса определяется не только необходимой емкостью сорбции, но и константами ионного обмена [10]. При засолении почв натрием, калием, загрязнении почв свинцом, кадмием, нефтепродуктами и т.д. состав сорбентов отличается как для разного характера, так и для разного уровня загрязнения.

В зависимости от поставленных условий грунты должны отличаться как по сорбционной емкости к раз-

личным видам сорбции (физико-химической, физической, химической, биологической), так и по прочности удерживания токсикантов твердой фазой почв (для выполнения заданных условий миграции токсикантов в воздух и грунтовые воды).

Создание почв с заданным содержанием подвижных форм элементов питания достигается при внесении в почву удобрений при заданной сорбционной емкости и буферности почв по отношению к элементам питания (учитывая константы обмена элементов питания в системе твердая фаза — раствор).

Протекторные или защитные функции почв предполагают и инактивацию в них патогенных микроорганизмов и выражаются в единицах пенициллина, стрептомицина и других антибиотиков. Это достигается созданием в органических компонентах грунта заданных сукцессий (композиций) микроорганизмов при использовании методов биотехнологии при ком-

постировании органических материалов. Таким же путем достигается создание заданной биологической активности грунтов, необходимой для оптимального развития корневой системы выращиваемых растений.

Создание таких удобрений достигается с использованием методов биотехнологии, варьирования отношения углерода к азоту, алифатических и ароматических группировок в исходном субстрате, созданием определенных условий pH, Eh, обеспеченности азотом, фосфором, калием при компостировании, инокуляции субстрата определенными композициями микроорганизмов и биоты, прерыванием разложения на определенной стадии.

Для различных условий загрязнения, характера и степени загрязнения, рельефа, типа водного режима, очевидно, необходим и свой гранулометрический состав грунтов (табл. 8).

Как видно из представленных данных, для исследуе-

Т а б л и ц а 8

**Проективное покрытие травостоем на почвах разного гранулометрического состава парка в г. Уфе**

Гранулометрический состав почв	Проективное покрытие травостоем, %
Супесь	82,5±7,6
Средний суглинок	60,3±9,9
Глина	30,0

рых черноземных почв ровного рельефа и близкого уровня грунтовых вод (до 1 м) лучшими оказались почвы более легкого гранулометрического состава. Для изучаемых почв более благоприятными для развития травостоя оказались почвы с содержанием гумуса менее 6%. Худшими оказались почвы с уровнем грунтовых вод ближе 60 см от поверхности.

*Оптимизация свойств почв для уменьшения уровня их загрязнения.* Исследования показали, что уменьшение токсичного действия тяжелых металлов на растительный покров лесопарковых зон достигается осаждением их в виде гидроокисей, карбонатов, сульфидов, поглощением минералами типа цеолита, созданием условий для развития гумусообразования, локальной электромиграцией почв.

*Оптимизация развития культур на загрязненных почвах.* Устойчивость растений к стрессовым ситуациям зависит от их общего состояния и может быть в значительной степени улучшена путем обогащения почв и растений микроэлементами, регуляторами процессов метаболизма. В проведенных нами исследованиях оптимизация состояния растений достигалась применением

органоминеральных удобрений, обогащенных микроэлементами и электрофоретическим введением регуляторов метаболизма и микроэлементов в растения.

Одним из вариантов создания органических удобрений с заданными свойствами является синтез органоминеральных комплексов на катоде и аноде, а также обогащение субстрата медью, никелем, цинком за счет их анодного разложения. Преимущество такого метода обусловлено тем, что продукт не содержит нежелательных анионов  $Cl$ ,  $SO_4$ ,<sup>4,7</sup> попадающих в компост при внесении в него солей указанных микроэлементов. При использовании данной методики возможно обогащение компостов, органических удобрений и почв заданным соотношением микроэлементов.

Так, в исследованиях в контрольном варианте содержание подвижной меди в листьях было 0 мг/л, а при подкормке растений комплексами с медью, синтезированными на аноде — 1,5 мг/л (медь в водорастворимом органическом веществе торфа, компостируемого в аэробных условиях, при дальнейшем анодном обогащении медью — 2,2 мг/л). При компостировании этого

же торфа в анаэробных условиях количество растворившейся меди при ее анодном растворении составило 229 мг/л, а количество меди в листьях — 2.1 мг/л. При этом в связи с недостатком меди в контрольном варианте улучшилось состояние растений. Микроэлементы и другие регуляторы процессов метаболизма могут быть введены в растения и непосредственно за счет электрофореза.

### Выводы

1. Показана информативность для оценки загрязнения почв мегаполисов и в целом их деградации метода химической автографии на основе электролиза, оценки содержания подвижных форм тяжелых металлов, определения микробиологической активности почв, оценки прорастания семян различных видов трав, определения активности фотосинтеза растений, оценки состава воздушных выделений почв и растений.

2. Деградация почв и растений взаимосвязана и зависит от устойчивости к деградации и уровня деградации других компонентов биогеоценоза.

3. Деградация почв и растений происходит под влия-

нием ряда факторов, при действии которых проявляются эффекты синергизма. Поэтому угнетение растений часто происходит при воздействиях ниже ПДК и ПДУ.

4. Определенные группы почв и растений характеризуются своей степенью толерантности к внешним негативным воздействиям. Поэтому при разных условиях загрязнения, климата, пород необходимо создание для парков и скверов своих грунтов с заданными свойствами.

5. Наиболее важными свойствами конструируемых грунтов для мегаполисов должны являться их влагоемкость, водопроницаемость, сорбционная емкость по отношению к различным видам сорбции, оптимальные значения физико-химических и агрохимических свойств, заданная антимикробная функция, плотность.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Биохимические основы экологического нормирования / Под ред. В.Н. Башкина, В.В. Снакина. М.: Наука, 1993. — 2. Гречин И.П. Почвы лесной опытной дачи МСХА. — Изв. ТСХА, 1957, вып. 1, 118-127. — 3. Марфенина О.Е. Микробиологические аспекты охраны почв. М.: МГУ, 1991. — 4. Мосина Л.В.,

- Паракин В.В. и др.* Влияние антропогенных факторов на накопление тяжелых металлов в почвах некоторых насаждений ЛОД МСХА. — Лес, экосистемы и вопросы моделирования. М.: 1984. — 5.
- Мотузова Г.В.* Почвенно-химический мониторинг фоновых территорий. М.: МГУ, 1990. — 6.
- Недвижимость, т. 1. Экология Москвы. М.: «ДТД», 1995. — 7.
- О состоянии окружающей среды г. Москвы в 1995 г. М.: Москомприрода, 1996. — 8.
- Перверзева А.Л., Кузнецов Е.В.* Влияние уксуснокислого свинца на состав микрофлоры и азотфиксирующей способности под некоторыми лесными насаждениями. — Докл. ТСХА, 1985. — 9.
- Почва, город, экология / Под ред. Г.В. Добровольского. М.: Фонд «За экологическую грамотность», 1997. — 10.
- Савич В.И.* Термодинамика трансформации соединений ионов в почве. — В сб.: Итоги науки и техники, ВИНТИ. Почвоведение и агрохимия, 1986, № 6, с. 5-86. — 11.
- Савич В.И., Химина Е.Г.* Развитие древесных культур как биологический тест на загрязнение почв в условиях Московской области. — Изв. ТСХА, 2000, вып. 4, с. 116-133. — 12.
- Савич В.И., Куликов А.М. и др.* Использование биологических тестов при оценке загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции свинцом. — Изв. ТСХА, 2003, вып. 1, с. 18-32. — 13.
- Савич В.И., Трубицина Е.В. и др.* Оценка состояния системы почва — растение по содержанию и соотношению положительно и отрицательно заряженных соединений. — Почвоведение, 1990, № 9, с. 61-72. — 14.
- Савич В.И., Амергузин Х.А. и др.* Почвоутомление, как фактор деградации почв. — Агрохимия, 1999, № 1, с. 5-11. — 15.
- Савич В.И., Савич Л.В. и др.* Оценка предельно допустимой концентрации свинца по активности фотосинтеза — Докл. АН, 1993, т. 333, №2, с. 121-122. — 16.
- Савич В.И., Санчес П. и др.* Оценка способности почв к поддержанию концентрации ионов в почвенном растворе при их отчуждении с урожаем. — Агрохимия, 2002, № 10, с. 5—10. — 17.
- Савич В.И., Парахин Н.В. и др.* Почвенная экология. Орел, ОГАУ, 2002. — 18.
- Савич В.И., Кауричев И.С. и др.* Окислительно-восстановительные процессы в почвах, агрономическая оценка и регулирование. Костанай: Костанайский печатный двор, 1999. — 19.
- Савич В.И., Сычев В.Г. и др.* Химическая автография системы почва — растение. М.: ЦИНАО, 2001. — 20.
- Са-*

*вич В.И., Парахин Н.В. и др.* Агрономическая оценка гумусового состояния почв. Орел: ОГАУ, 2001. — 21. *Савич В.И., Трубицина Е.В. и др.* Физико-химические методы исследования системы почва — растение в полевых условиях. Алматы, Парламент Казахстана, 1997. — 22. Состояние зеленых насаждений в Москве. Аналитический доклад, М.: ОАО «Прима М», 2000. — 23. *Строганова М.Н., Мяжкова А.Д. и др.* Роль почв в городе. — Почвоведение, 1997, № 1, с. 96-101. — 24. *Черных Н.А., Овчаренко М.М.* Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. М.: Агроконсалт, 2002. — 25. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Касимова. М.: МГУ, 1995.

*Статья поступила  
21 мая 2003 г.*

## SUMMARY

In is shown in the article that death of plants in megapolices (cities Miscow, Ufa and Mekhico) depends on combination of unfavourable factors and takes place because effect of synergism is lower than maximum permissible concentrations determined for some components when soils are polluted with heavy metals, they are secreted into the air with transpiration by plants and evaporation from the soils. It is suggested to create different grounds for megapolices dependins on characteristic and level of pollution, relief and type of water regime.