



УДК 504.05 (504.73:504.53.054)

Питательный статус древесных растений как интегральный показатель состояния урбоэкосистемы

Т. А. Михайлова, О. В. Шергина

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск

E-mail: mikh@sifibr.irk.ru

Аннотация: Показано, что на урбанизированных территориях Приангарья (Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Шелехов) ключевыми факторами, негативно воздействующими на питательный режим древесных растений, служат: повышенный уровень техногенного загрязнения атмосферного воздуха, вызывающий нарушения биогенной миграции элементов питания в растениях и почве, а также высокая рекреационная нагрузка, изменяющая морфологические и физико-механические свойства почв. Среди комплекса техногенных поллютантов неорганической природы наиболее сильное негативное воздействие на питательный статус древостоев оказывают диоксид серы и аэрозоли тяжёлых металлов – они влияют путём прямого фолитарного поглощения их растениями и косвенного, через загрязнение почвенного покрова.

Ключевые слова: урбоэкосистема, техногенное загрязнение, элементы-биофилы, элементы-поллютанты, древесные растения, генетический профиль почв.

Введение

Современный город – это природно-техногенная среда, в которой для создания комфортных условий проживания населения необходимо равновесие «природной» и «техногенной» составляющих, так, чтобы первая нейтрализовала пресс второй. В большинстве же случаев на урбанизированных территориях превалируют процессы антропогенного нарушения состояния природных компонентов. Среди таких процессов доминирует нарастающее техногенное загрязнение атмосферного воздуха, растительности, почвы, водоёмов. Подобная ситуация сложилась во многих крупных городах Сибири. Она осложняется тем, что высокий уровень загрязнения окружающей среды обуславливается не только большими объёмами техногенных выбросов промышленных предприятий, ТЭЦ, автотранспорта, но и спецификой природных условий региона (резко континентальный климат, большая продолжительность холодного периода года, антициклональный тип погоды, частые атмосферные температурные инверсии, сильная расчленённость рельефа и др.), которые препятствуют самоочищению приземного слоя атмосферы.

Сокращение негативных последствий этих нарушений может осуществляться, с одной стороны, путём модернизации технологий, в том числе направленных на увеличение степе-

ни очистки выбросов и стоков, а с другой – через оптимизацию состояния мощных биологических стабилизаторов окружающей среды – древесных растений и почвенного покрова. В этом плане одним из наиболее значимых направлений улучшения экологической ситуации в крупных городах является сохранение и создание различных типов и категорий зелёных насаждений.

Поскольку на городской территории именно древесные растения выполняют основные средообразующие и санитарно-защитные функции (выделение кислорода, поглощение поллютантов, улучшение гидротермических условий, создание комфортного микроклимата, снижение уровня шума и др.), то их следует рассматривать как главнейший компонент урбоэкосистемы. Древесные растения принимают на себя значительную эмиссионную нагрузку, во многом определяя последующую циркуляцию элементов-поллютантов в урбоэкосистеме. Особенно информативны данные о содержании химических элементов в ассимилирующей фитомассе, поскольку её показатели отражают состояние и функционирование всего растения.

Цель данной работы – исследовать характеристики питательного статуса древесных растений на урбанизированных территориях и выявить основные факторы, вызывающие его нарушение.

В основу исследований положен разработанный нами методологический подход к оценке экологического состояния городов [9]. Подход базируется на выявлении и исследовании комплекса взаимосвязанных параметров древесных растений и почв на профилно-генетическом уровне и учитывает взаимообусловленное изменение этих компонентов при техногенном загрязнении. Нами показано, что питательный статус древесных растений очень чувствителен к воздействию негативных факторов, особенно к техногенному химическому загрязнению атмосферного воздуха и почвы. Это связано с нарушением биогеохимических циклов многих элементов, в том числе биогенных, за счёт нерегулируемого привноса вещества с выбросами [4].

Для оценки изменения питательного статуса древесных растений в урбоэкосистемах мы проводили исследования в системе «почва – растение», при этом рассматривали содержание и соотношение биогенных элементов и элементов-поллютантов в ассимиляционных органах деревьев, связь между балансом элементов в ассимилирующей фитомассе и в генетических горизонтах почв, зависимость нарушения ростовых характеристик деревьев от пула поллютантов в ассимилирующей фитомассе и от степени антропогенной нарушенности почв.

Материалы и методы

Изучение питательного статуса древесных растений проводилось в 2007–2010 гг. на территориях промышленных городов Приангарья: Иркутска, Ангарска, Усолья-Сибирского, Шелехова. Эти города характеризуются сложной экологической обстановкой и занимают прочную позицию в десятке самых загрязнённых населённых пунктов России, индекс загрязнения атмосферного воздуха в них превышает 19,5 [2]. С выбросами промышленности и автотранспорта в атмосферу г. Иркутска ежегодно поступает до 155 тыс. т токсичных компонентов, г. Ангарска – до 215 тыс. т, г. Усолья-Сибирского – до 42 тыс. т, г. Шелехова – до 39 тыс. т [8].

Натурные исследования проводили в парковых и лесопарковых зонах урбанизированных территорий, где выбирали ключевые участки. Объектами исследований служили древесные породы: сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L., лиственница сибирская *Larix sibirica* Ledeb., берёза повислая *Betula pendula* Roth., тополь *Populus sp.*, произрастающие на серых

лесных почвах. Всего в городах были обследованы 32 ключевых участка. Фоновые участки выбирали в естественных лесах Предбайкалья с идентичным генезисом почв на удалении 50–120 км от промышленных центров.

На ключевых участках проводили геоботаническое описание, определяли процент дорожно-тропиночной сети, оценивали повреждение деревьев насекомыми-вредителями и болезнями, отбирали образцы хвои (листьев) на содержание химических элементов, проводили измерение морфоструктурных параметров крон. Изучение почв проводили методом почвенных разрезов глубиной до 1,5 м и посредством отбора усреднённых проб квадратно-конвертным методом из слоя 0–20 см (органическая подстилка и верхние гумусово-аккумулятивные горизонты Ad и A). В лабораторных условиях в растительных и почвенных образцах определяли содержание валовых и подвижных форм тяжёлых металлов методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией на приборе-компьютере AAS Vario-6 [10]. Содержание азота, фосфора, серы, калия, натрия, кальция, магния, марганца в ассимиляционных органах древесных растений и почвенном растворе определялось по общепринятым отечественным методикам [1; 3] и международным, изложенным в ICP Forests [11]. Для статистической обработки полученных данных использовали стандартные методы (включая корреляционный и регрессионный анализы) и программное обеспечение Microsoft Excel, Mathcad 12, Statistica 6.

Результаты и обсуждение

В ходе проведённых исследований обнаружено, что в урбоэкосистемах Приангарья среди комплекса техногенных поллютантов неорганической природы наиболее сильное негативное воздействие на питательный статус деревьев оказывают диоксид серы и аэрозоли тяжёлых металлов. Так, на урбанизированной территории Иркутска концентрация свинца в хвое и листьях деревьев, произрастающих в центре города, превышает фоновые значения до 15 раз, кадмия – до 8 раз, меди и серы – до 5 раз. На участках городской территории, прилегающих к ТЭЦ и промышленным предприятиям, превышение фоновых концентраций свинца в хвое и листьях ещё большее – до 25 раз. Для деревьев, произрастающих на городских окраинах, выявлено небольшое (до 3 раз) превышение уровня элементов-загрязнителей в ассимиляционных органах.

Показано также, что при увеличении доли элементов-поллютантов (серы, свинца, кадмия, меди) в хвое и листьях параллельно происходит снижение долей фосфора, магния, калия и марганца. Например, в центральной, наиболее загрязнённой, части г. Иркутска в ассимиляционных органах деревьев обнаруживается самое сильное снижение уровня биогенных элементов на фоне увеличения концентраций свинца и серы (табл. 1). На городских окраинах дисбаланс элементов в хвое и листьях деревьев меньший, тем не менее, он явно выражен в сравнении с фоновыми территориями.

Воздействие элементов-загрязнителей на питательный статус деревьев происходит не только путем их прямого фолиарного поглощения, но и косвенно, через загрязнение почвенного покрова. При исследовании городских почв обнаружено активное перемещение и накопление подвижных форм тяжёлых металлов во всех их генетических горизонтах: O–Ad–A–AB–B(VE)–Bt,f–BC–C. При этом уровень свинца в горизонтах почв может превышать фоновые значения до 25 раз, кадмия и меди – до 15 раз. Что касается сульфат-иона, обнаружена разная аккумулятивная способность по отношению к нему генетических горизонтов почвенного профиля. Так, в органической подстилке и верхних гумусовых горизонтах содержание подвижной серы превышает фоновый уровень до 8 раз. Это указывает на высокое поступление техногенной серы на поверхность почвы с выбросами и дальнейшую прочную фиксацию её органическим веществом почв. В органо-минеральных горизонтах AB и минеральных горизонтах B(VE) отмечается снижение уровня серы, что обусловлено промывным типом режима почв. В иллювиальных текстурных горизонтах Bt,f концентрация серы снова возрастает (до 9 раз в сравнении с фоновыми значениями) за счёт прочной фиксации её ионов иллювиальными коллоидами. В почвообразующих горизонтах обнаруживается значительное увеличение содержания серы – фоновый уровень превышен в 24 раза, это указывает на активную фильтрацию сульфат-иона из верхней части почвенного профиля в нижележащие горизонты.

Результаты исследований свидетельствуют, что поступающие с техногенными выбросами элементы-поллютанты в первую очередь взаимодействуют с почвенным поглощающим комплексом (ППК). При этом подвижные

формы тяжёлых металлов и серы изменяют миграционную способность и доступность обменных катионов (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) для корневых систем растений, что приводит к нарушению трендов основных биогенных элементов и их дисбалансу в ассимилирующей фитомассе древесных растений. Так, в хвое сосны соотношение N:P:K изменяется за счёт повышения доли азота и снижения долей калия и фосфора. Если на фоновых территориях соотношение N:P:K составляет 69:10:21, то на территории г. Иркутска – 77:8:15, г. Ангарска – 76:8:16, г. Шелехова – 82:5:13.

Для генетических горизонтов городских почв обнаружены прямые корреляционные связи между содержанием сульфат-иона и обменного кальция, а также подвижного свинца и обменного кальция ($r = 0,78–0,88$, $P = 0,05$, $n = 85$). Это указывает на то, что в городских почвах ионы серы и свинца проявляют высокую химическую активность по отношению к обменным формам кальция, образуя прочные связи в ППК и препятствуя таким образом поступлению кальция в растительный организм. Подобные химические взаимодействия обнаруживаются и для других биогенных элементов.

Установлено, что активное накопление элементов-загрязнителей в верхних горизонтах городских почв приводит к их аккумуляции в ассимиляционных органах растений. Нами выявлена прямая корреляция между содержанием меди, свинца, кадмия в верхних почвенных горизонтах с концентрацией этих элементов в хвое и листьях древесных растений (рис. 1). Эти данные свидетельствуют о связи между накоплением тяжёлых металлов в органическом веществе почв и фитомассе древесных растений. Прямые достоверные связи выявлены также между содержанием элементов-загрязнителей в других горизонтах почвенного профиля и их накоплением в хвое и листьях городских деревьев (табл. 2). На примере свинца и серы показано, что это связи высокого уровня значимости. Согласно этим результатам, свинец и сера могут легко поступать в ассимиляционные органы растений из всех горизонтов городских почв. В целом же можно говорить, что на урбанизированных территориях наблюдается активное вертикальное перераспределение поллютантов в системе «генетический профиль почв – корневая система растений».

Таблица 1

Изменение соотношений* концентраций элементов в хвое и листьях деревьев на городских и фоновых территориях

Соотношение элементов	Сосна			Береза		
	Центр города	Городские окраины	Фон	Центр города	Городские окраины	Фон
P:Pb	69:31	82:18	96:4	74:26	89:11	92:8
Mg:Pb	64:36	80:20	91:9	78:22	85:15	96:4
K:Pb	52:48	79:21	93:7	69:31	84:16	92:8
Mn:Pb	55:45	70:30	94:6	71:29	82:18	97:3
P:S	84:16	86:14	90:10	85:15	86:14	89:11
Mg: S	89:11	94:6	96:4	88:12	95:5	96:4
K: S	76:24	81:19	88:12	77:23	82:18	87:13
Mn: S	65:35	84:16	89:11	82:18	92:8	94:6

*Соотношения вычислялись как процентная доля каждого элемента от суммы концентраций двух (трёх) элементов в сухом веществе хвои

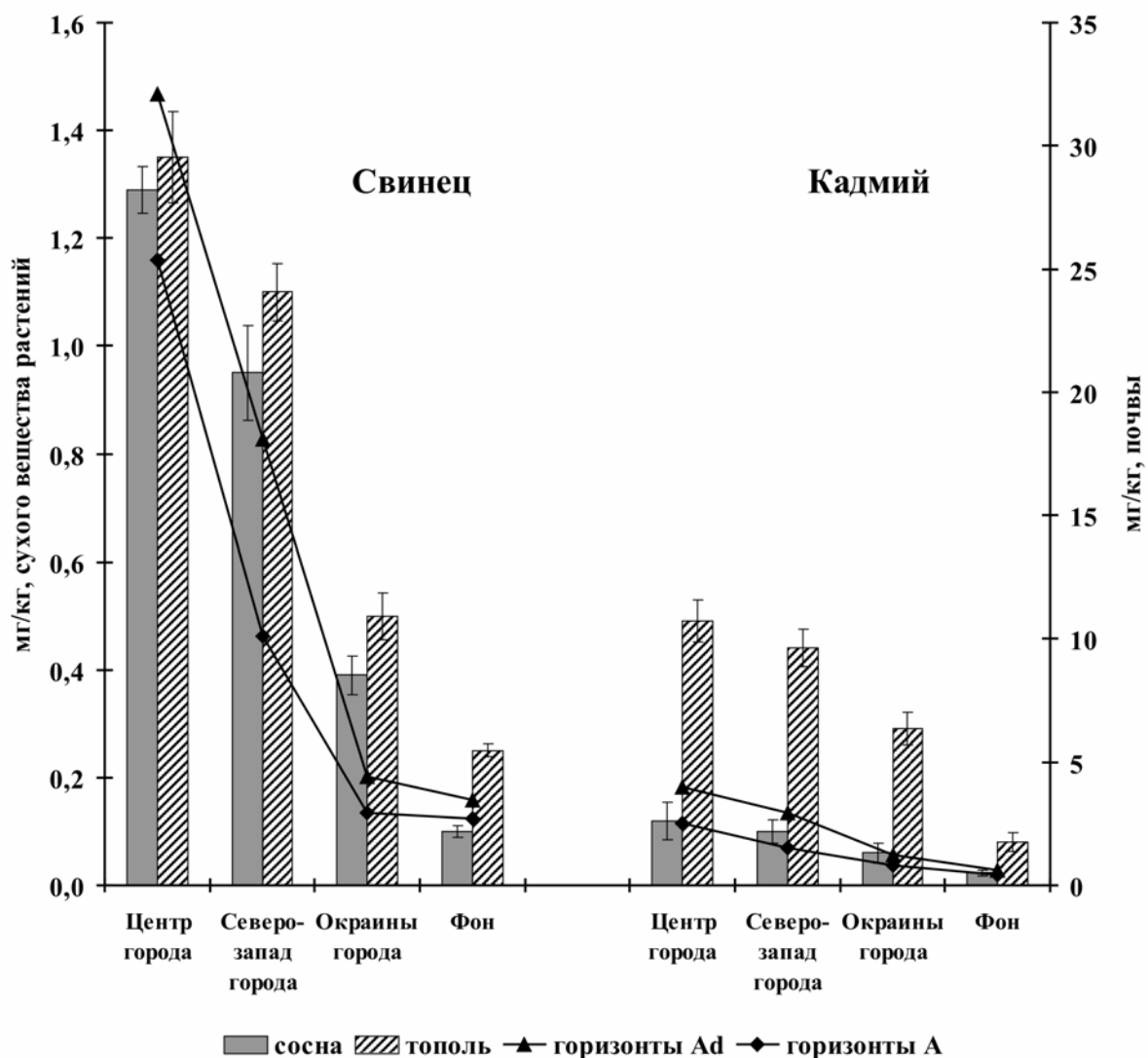


Рис. 1. Содержание свинца и кадмия в хвое сосны, листьях тополя и в верхних органоминеральных горизонтах почв в разных районах Иркутска

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между содержанием поллютантов (свинца и серы) в горизонтах почв и хвое (листьях) деревьев на территории г. Иркутска ($P = 0,05$, $n = 16$)

Объект исследования	Индексы горизонтов почвенного профиля							
	O	Ad	A	AB	B(BE)	Bt, f	BC	C
Свинец								
Хвоя сосны	0,73	0,61	0,71	0,70	0,60	0,68	0,63	0,71
Хвоя лиственницы	0,54	0,62	0,58	0,68	0,55	0,54	0,54	0,67
Листья берёзы	0,59	0,74	0,62	0,54	0,67	0,65	0,62	0,61
Листья тополя	0,61	0,69	0,75	0,60	0,52	0,58	0,52	0,63
Сера								
Хвоя сосны	0,86	0,82	0,58	0,42	0,50	0,75	0,65	0,55
Хвоя лиственницы	0,68	0,70	0,48	0,43	0,42	0,65	0,50	0,45
Листья берёзы	0,77	0,65	0,60	0,45	0,55	0,70	0,60	0,50
Листья тополя	0,87	0,60	0,55	0,50	0,60	0,80	0,70	0,60

Элементы-загрязнители, поступившие в ассимиляционные органы через почву или аэральным путём, оказывают выраженное негативное воздействие на ростовые процессы древесных растений. Об этом свидетельствуют выявленные корреляции между параметрами крон деревьев сосны и содержанием серы, фтора, хлора, свинца, кадмия в её хвое (табл. 3). Такие зависимости характерны для урбоэкосистем Иркутска, Шелехова, Ангарска, Усолья-Сибирского. На фоновых территориях подобных достоверных корреляционных связей не обнаруживается.

Исследования показали, что ухудшение жизненного состояния древесных растений в городах обусловлено, помимо загрязнения, высокой рекреационной нагрузкой, изменяющей морфологические и физико-механические свойства почв. Так, при увеличении плотности почвы в 1,5 раза обнаруживается снижение её пористости на 35 %, аэрации – на 75 %, общей влажности – в 2,5 раза. Поскольку физические свойства почв тесно связаны с целым рядом её химических параметров, они во многом определяют состояние ППК, а значит и питательного статуса растений. В конечном итоге ухудшение физических характеристик почв приводит к подавлению роста растений. Это подтверждается корреляционными связями, большинство из которых высокого уровня

значимости, между морфоструктурными параметрами деревьев и физическими показателями почв в городах (табл. 4).

Показано также, что ухудшение почвенных условий приводит к значительным трансформациям в сообществах травянистых растений. При увеличении плотности сложения почв обнаруживается снижение до 50 % проективного покрытия, уменьшение на 30–40 % общего количества видов, повышение на 50 % доли рудеральных видов с мощной мочковатой корневой системой и, как следствие, увеличение подземной биомассы в сравнении с надземной в 1,5–2 раза. Этот процесс приводит к резкому ухудшению физико-механических свойств органо-минеральных горизонтов почвы.

Таким образом, в пределах городских территорий техногенное загрязнение и рекреационная нагрузка оказывают сильное повреждающее воздействие на жизненное состояние растений. Вместе с тем выявляется ведущая роль именно техногенного загрязнения в нарушении питательного статуса и состояния деревьев в урбоэкосистемах. При параллельном воздействии этих двух факторов тренд к улучшению состояния древесных растений отмечается только при снижении уровня загрязнения, в то время как влияние рекреационной нагрузки не было столь однозначным (рис. 2).

Таблица 3

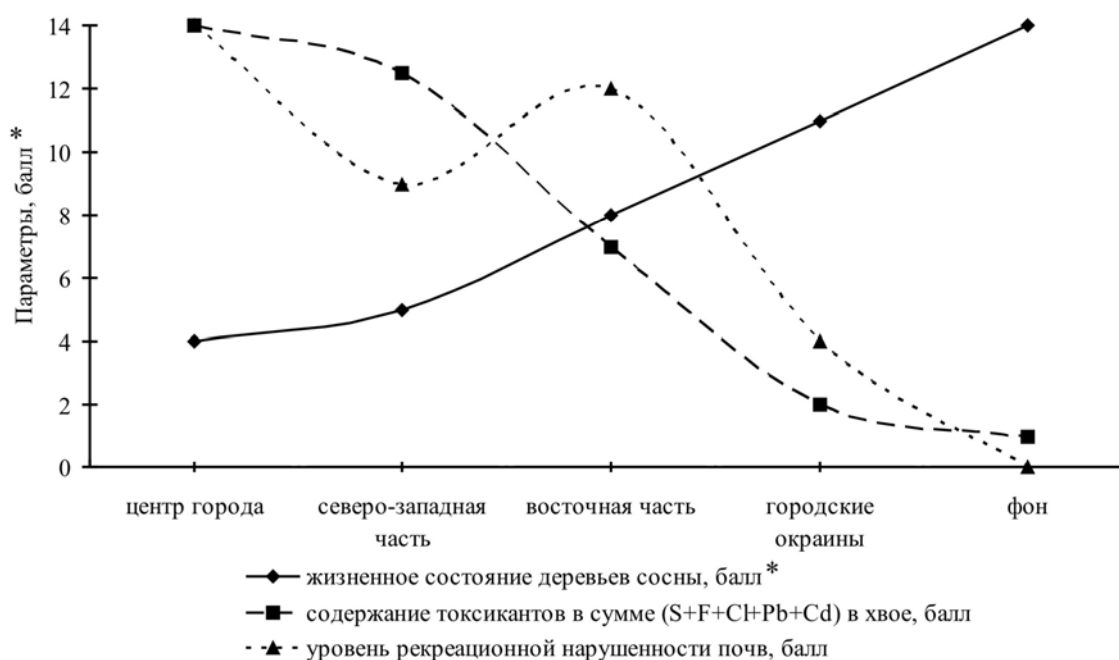
Коэффициенты корреляции между морфоструктурными параметрами крон деревьев сосны и содержанием элементов-загрязнителей в её хвое на урбанизированных территориях Приангарья ($P = 0,05$, $n = 32$)

Параметры древесных растений	Элементы-загрязнители				
	фтор	сера	хлор	свинец	кадмий
Масса хвои на побеге	-0,73	-0,70	-0,68	-0,69	-0,80
Количество хвоинок на побеге	-0,64	-0,68	-0,69	-0,72	-0,58
Длина побегов	-0,62	-0,69	-0,78	-0,78	-0,51
Длина хвои	-0,69	-0,62	-0,62	-0,72	-0,83
Уровень дефолиации крон	0,71	0,75	0,58	0,74	0,67

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между морфоструктурными параметрами крон хвойных деревьев и физическими характеристиками верхних горизонтов почв городов Иркутска и Усолья-Сибирского ($P = 0,05, n = 32$)

Параметры древесных растений	Физические характеристики почвенного покрова				
	нарушение структуры	влажность	пористость	аэрация	плотность
Сосна					
Масса хвои на побеге	-0,64	0,63	0,70	0,77	-0,76
Количество хвоинок на побеге	-0,60	0,63	0,58	0,61	-0,70
Длина побегов	-0,53	0,57	0,62	0,65	-0,69
Длина хвои	-0,78	0,84	0,81	0,80	-0,77
Уровень дефолиации крон	0,76	-0,70	-0,75	-0,85	0,72
Лиственница					
Масса хвои на побеге	-0,63	0,64	0,72	0,75	-0,76
Количество брахибластов на побеге	-0,64	0,61	0,57	0,60	-0,68
Длина побегов	-0,51	0,54	0,60	0,64	-0,67
Длина хвои	-0,68	0,78	0,77	0,76	-0,70
Уровень дефолиации крон	0,75	-0,72	-0,77	-0,88	0,78



*Все показатели выражены в нормированных относительно фона единицах (баллах)

Рис. 2. Связь жизненного состояния деревьев сосны с уровнем техногенного загрязнения и рекреационной нарушенностью почв на территории г. Иркутска

К числу сопутствующих негативных факторов, влияющих на состояние деревьев на урбанизированных территориях, следует отнести поражение их грибными болезнями и энтомофиторами [6; 7]. Как правило, этот фактор оказывает меньшее поражающее воздействие на растения, но в сочетании с ключевыми вышеназванными фитопатогенный эффект может значительно усилиться. При обследо-

вании территории г. Иркутска выявлено, что из фитопатогенных грибов наиболее распространены: *Nectria cinnabarina*, *Tubercularia vulgaris*, *Melanconium betulinum*, *Microsphaera betulae*, *Cytospora chrysosperma*, *Cytospora nivea*, *Phyllosticta populina*, *Uncinula salicis f. populorum*, *Melampsora larici-populina*, *Melampsora medusa*, которые сильно повреждают листья и ветви берёзы и тополя. На хвойных по-

родах часто наблюдается заболевание шютте, оно проявляется в пожелтении хвои, вызванном различными видами микромицетов. Так, поражение хвои сосны вызывают грибы рода *Lophodermium*, лиственницы – *Hartigella laricis*, ели – *Lirula macrospora*.

Кроме того, в городских насаждениях отмечается распространение энтомофитовредителей. Лиственница сильно повреждается лиственничной почковой галлицей и лиственничной чехлоноской, ель – еловой ложнощитовкой и зелёным хермесом, тополь – тополёвой молью-пестрянкой, берёза – берёзовым мешетчатым клещиком, яблоня сибирская – медяницей, черёмуха – галловым черёмуховым клещом, черемуховой молью и боярышницей, груша – грушевым галловым клещом.

Поражение деревьев энтомофитовредителями и грибными болезнями может существенно нарушать баланс элементов питания в хвое и листьях. При этом обнаружено, что в ассимилирующей фитомассе особенно сильно снижается содержание таких биогенных элементов, как азот, калий, магний, кальций, фосфор, марганец.

Научный анализ полученных данных даёт возможность разработать рекомендации для улучшения состояния растительных сообществ и почвенного покрова в городах. Это повысит эффективность их функционирования как стабилизаторов экологического равновесия урбанизированных территорий. Нами разработаны общие принципы создания оптимального озеленения городов [6], а для Иркутска – подробные рекомендации по улучшению состояния парковых зон [5; 10].

Выводы

При исследовании урбанизированных территорий (промышленных городов Приангарья) показано, что ключевыми факторами, негативно воздействующими на питательный статус древесных растений, служат повышенный уровень техногенного загрязнения атмосферного воздуха, вызывающий нарушения биогенной миграции элементов питания в растениях и почве, а также высокая рекреационная нагрузка, изменяющая морфологические и физико-механические свойства почв.

Установлено, что среди комплекса техногенных поллютантов неорганической природы наиболее сильное негативное воздействие на питательный статус древостоев оказывают диоксид серы и аэрозоли тяжёлых металлов – они влияют путём прямого фолиарного по-

глощения их растениями и косвенно через загрязнение почвенного покрова.

Обнаружено активное перемещение и накопление сульфат-иона и подвижных форм свинца, кадмия, меди, цинка во всех генетических горизонтах городских почв, вплоть до почвообразующего, при этом их содержание может превышать фоновые значения от 2 до 25 раз. Особенно активная аккумуляция тяжёлых металлов происходит в верхних горизонтах почв, при этом обнаруживается прямая корреляция их содержания с концентрацией этих элементов в хвое и листьях древесных растений.

Показано, что подвижные формы тяжёлых металлов и серы изменяют миграционную способность и доступность обменных катионов почвенного поглощающего комплекса для корневых систем растений, что приводит к изменению трендов основных биогенных элементов и их дисбалансу в ассимилирующей фитомассе древесных растений.

Выявлены тесные корреляционные связи между нарушением питательного статуса древесных растений и снижением параметров их жизненного состояния.

Уровень нарушения питательного статуса древесных растений служит адекватным интегральным показателем, характеризующим степень воздействия на урбоэкосистему негативных факторов (техногенного загрязнения, рекреационной нагрузки, поражения грибными болезнями и энтомофитовредителями).

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв. – М. : Наука, 1975. – 656 с.
2. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2008 году. – Иркутск : Мин. природ. ресурсов и экологии Иркут. обл., 2009. – 410 с.
3. Методы биохимического исследования растений. – Л. : Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
4. Михайлова Т. А. Элементный состав хвои и морфофизиологические параметры сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения / Т. А. Михайлова, Н. С. Бережная, О. В. Игнатьева. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2006. – 134 с.
5. Михайлова Т. А. Оценка техногенного загрязнения территории г. Иркутска и основные принципы стратегии озеленения городов / Т. А. Михайлова, О. В. Шергина // Гос. доклад о состоянии окружающей природной среды Иркутской области в

2009 г. – Иркутск : Мин. природ. ресурсов и экологии Иркут. обл., 2010 – С. 471–476.

6. Михайлова Т. А. Основные принципы стратегии озеленения урбанизированных территорий / Т. А. Михайлова, О. В. Шергина, Т. И. Морозова // Проблемы озеленения городов Сибири и сопредельных территорий : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Чита, 14–16 сентября 2009 г.). – Чита, 2009. – С. 72–75.

7. Морозова Т. И. Болезни древесных и кустарниковых пород в городских насаждениях / Т. И. Морозова // Растительный покров Байкальской Сибири : сб. ст., посвящ. 100-летию со дня рождения Н. А. Еловой. – Иркутск, 2003. – С. 94–97.

8. Обзор выбросов загрязняющих веществ в атмосферу городов Иркутской области за 2008 г. // Управление федеральной службы по надзору в

сфере природопользования по Иркутской области. – Иркутск, 2008. – 25 с.

9. Шергина О. В. Состояние древесных растений и почвенного покрова парковых и лесопарковых зон г. Иркутска / О. В. Шергина, Т. А. Михайлова. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2007. – 200 с.

10. Физико-химические методы при определении макро- и микроэлементов в объектах окружающей среды / О. А. Пройдакова [и др.] // Геохимия техногенеза. – Новосибирск : Наука, 1986. – С. 124–130.

11. Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. – Hamburg and Prague: United Nations Environment Programme and Economic Commission for Europe, 1994. – 477 p.

Nutritional status of arboreal plants as an integrated indicator reflecting urban ecosystem conditions

T. A. Mikhailova, O. V. Shergina

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk

Abstract. It is shown that key factors affecting negatively on trees nutrition status within urban territories (the cities of Irkutsk, Angarsk, Usolye-Sibirskoye, Shelekhov in the Eastern Siberia) are a high level of air pollution caused nutrient elements disbalance in trees and soils, and a heavy recreation loading resulting to deterioration of morphological and physical soil parameters. It is found that sulphur dioxide, as well as heavy metals, have the most negative effect on the trees nutrition status. ese pollutants affect by the direct foliar absorption and indirectly way through the polluted soils. Close connections have been revealed between the trees nutrition status disturbance and reduction of the parameters reflecting tree vital condition. It is concluded that trees nutrition status disturbance can be used as an adequate integrated indicator for detection the effect of negative factors (air pollution, recreation loads, insect attacks, fungal diseases) to an urban ecosystem.

Key words: urban ecosystems, technogenic pollution, nutrient elements, pollutants, arboreal plants, genetic profile of soil

Михайлова Татьяна Алексеевна
Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132
доктор биологических наук
зав. лабораторией патологии древесных растений
тел. (3952) 42–45–95
E-mail: mikh@sifibr.irk.ru

Mikhailova Tatyana Alekseevna
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS
132 Lermontov St., Irkutsk, 664033
D. Sc. in Biology, head of Laboratory of Pathology of Arboreal Plants
phone (3952) 42–45–95
E-mail: mikh@sifibr.irk.ru

Шергина Ольга Владимировна
Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132
кандидат биологических наук
научный сотрудник
тел. (3952) 42–45–95
E-mail: sherolga80@mail.ru

Shergina Olga Vladimirovna
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS
132 Lermontov St., Irkutsk, 664033
Ph. D. of Biology, research scientist
phone (3952) 42–45–95
E-mail: sherolga80@mail.ru