

УДК 581.6:574.24

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЛОЩАДИ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДАХ**Михайлова Т.А., Шергина О.В.***Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, e-mail: mikh@sifibr.irk.ru*

Проведены исследования зеленых насаждений в городах Приангарья (Иркутске, Ангарске, Шелехове, Усолье-Сибирском), характеризующихся высоким промышленным потенциалом. Выявлено, что показатель эколого-физиологического состояния древесных растений на городских территориях снижается в 2 и более раз в сравнении с ненарушенными лесными фитоценозами, следовательно, в таких же пределах снижается их санитарно-защитная роль, вследствие чего нормы озеленения должны быть выше, чем действующий норматив. Состояние городских насаждений оценивалось по комплексу параметров древесных растений и почвенного покрова. Показано, что на урбанизированных территориях основными факторами, негативно влияющими на рост растений и их средозащитные функции, служат техногенное загрязнение, высокий уровень рекреационной нагрузки, распространение грибных болезней и насекомых-вредителей. Даны рекомендации по созданию адекватных типов насаждений на участках разного экологического статуса. Приводится ассортимент растений, пригодных для озеленения городов Приангарья.

Ключевые слова: озеленение городов, состояние древесных растений, почвенный покров, ассортимент растений, Приангарье

ECOLOGICAL CRITERIA FOR CALCULATION GREEN PLANTATIONS AREA WITHIN INDUSTRIAL CITIES**Mikhailova T.A., Shergina O.V.***Siberian Institute of Plant Physiology & Biochemistry Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, e-mail: mikh@sifibr.irk.ru*

Studies on green plantations condition were carried out in the Priangarye cities (Irkutsk, Angarsk, Shelekhov, Usolye-Sibirskoye) characterized by a high industrial potential. It was determined that the ecophysiological parameters of the urban wood plants were more than 2 time lower than the parameters in background phytocenosis, consequently plant sanitary-protective role decreases, therefore, planting standards should be higher in comparison with the standard accepted for industrial cities. Green plantations condition was estimated using a complex of indicators reflecting the wood plants and soils state. It was shown that within the urban territories the main factors which negatively affect to environment protective functions of plants are technogenic pollution, high level of recreation load, wide spreading of fungus diseases and insects-pests. Recommendations on making adequate types of urban plantings and on the plants assortment were elaborated for the Priangarye cities.

Keywords: urban planting, wood plants soils state, plants assortment, Priangarye (East Siberia)

Современный город рассматривается как природно-техногенная среда, в которой процессы антропогенного нарушения состояния природных компонентов (атмосферного воздуха, растительности, почвы, водоемов) преобладают. Сокращение негативных последствий этих нарушений может осуществляться, с одной стороны, путем модернизации технологий, в том числе направленных на увеличение степени очистки выбросов и стоков, а с другой – через оптимизацию состояния и функционирования имеющихся природных компонентов городской среды и создание новых элементов средозащитного фонда. В этом плане одним из наиболее значимых направлений улучшения экологической ситуации в крупных городах является сохранение и создание различных типов и категорий зеленых насаждений. Поскольку на городской территории именно деревья и кустарники 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 главный компонент озеленения.

Основным показателем, отражающим уровень озеленения города, как правило, служит площадь зеленых насаждений, то есть древесных растений, в расчете на одного жителя (СНиП 2.07.01-89). Однако при расчете норм озеленения городов не учитывается целый ряд факторов, снижающих средозащитные функции насаждений. На наш взгляд, расчеты следует производить, принимая во внимание результаты исследований воздействия на древесные растения негативных факторов, присущих городским территориям, и, исходя из этого, адекватно увеличивать размер необходимой площади насаждений, например, при

высокой степени урбанизации или в условиях близкого расположения крупного источника техногенных эмиссий. Немаловажно также осуществить подбор видов, обладающих требуемыми экологическими особенностями, а также ценными эстетическими свойствами. Выбор растений для озеленения урбанизированных территорий и ранжирование их по степени устойчивости к городским условиям чаще всего осуществляются «методом экспертных оценок». Поэтому рекомендуемые списки растений не всегда однозначны даже для городов, находящихся в одной климатической зоне. Анализ имеющихся сведений показал, что наиболее эффективны посадки местных видов древесных и кустарниковых растений с хорошо известными эколого-биологическими свойствами. Такие работы активно ведутся в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Красноярске и других городах. Из зарубежных публикаций наибольший интерес вызывают работы исследователей из Европы, США, Китая [7; 8; 10].

Цель данной работы – исследовать воздействие неблагоприятных факторов на городские зеленые насаждения и дать рекомендации по озеленению урбанизированных территорий Приангарья.

Материалы и методы исследования

Исследовались насаждения в городах Верхнего Приангарья – Иркутске, Ангарске, Шелехове, Усолье-Сибирском, характеризующихся высоким промышленным потенциалом, значительной насыщенностью предприятиями топливно-энергетического комплекса, нефтеперерабатывающей, химической и нефтехимической промышленности, цветной металлургии, строительных материалов и др. Все города входят в список самых загрязненных в нашей стране, индексы загрязнения атмосферного воздуха в них соответствуют высокому и очень высокому уровням [2].

Города расположены на Иркутско-Черемховской предгорной равнине, территория которой характеризуется сложным и неоднородным рельефом. Плоскоувалистые холмы разделены многочисленными долинами рек, распадками и оврагами. Перепады высот различных форм рельефа составляют от 50 до 200 м. Климату присущи черты резкой континентальности – большие значения годовых амплитуд положительных и отрицательных температур, небольшое количество осадков, неравномерное их распределение по сезонам года. Зимой на территории господствует сибирский антициклон, для которого характерны малоподвижный холодный воздух, мощные приземные инверсии, небольшая влажность. Летом, особенно во второй его половине, над территорией образуется область пониженного давления, часты циклоны, облачность, осадки. Среднегодовая температура воздуха отрицательная (– 2), самый холодный месяц – январь со средней температурой от – 17 до – 24 °С, самый

теплый месяц – июль со средней температурой 17–19 °С. Безморозный период короткий и на большей части территории составляет 80–100 дней. Почвенный покров характеризуется большим разнообразием, но в основном представлен серыми лесными и дерново-подзолистыми почвами светлохвойных травянистых лесов. В городах почвы находятся под сильным антропогенным воздействием, вследствие чего на разных участках выявляются естественные почвы разной степени нарушенности и искусственно созданные урбаноземы. Обследованные города входят в зону подтаежных сосновых и лиственнично-сосновых лесов. В настоящее время лесные зоны городов представляют собой отдельные массивы сосновых лесов с примесью осины, березы, лиственницы. В результате высокой степени антропогенной нагрузки леса претерпели структурно-пространственные изменения, для них характерны такие черты, как одноярусная структура, преобладание мелколиственных пород в подросте, слабая выраженность подлеска, ухудшение процессов возобновления, бедный флористический состав травяного яруса.

Натурные исследования проводились нами в скверах, парковых и лесопарковых зонах урбанизированных территорий, где выбирали ключевые участки для оценки состояния растительности. Объектами исследований служили древесные и кустарниковые породы, произрастающие на среднемощных серых лесных почвах. На каждом ключевом участке производили геоботаническое описание, определяли процент дорожно-тропиночной сети, оценивали повреждение деревьев насекомыми-вредителями и болезнями, отбирали образцы хвои и листьев на содержание основных биогенных химических элементов и элементов-поллютантов, кроме того, оценивали состояние ассимилирующей фитомассы деревьев по уровню дефолиации крон, наличию хлорозов и некрозов листьев и хвои, приросту побегов, площади и массе листьев. Изучение почв проводили методом почвенных разрезов глубиной до 1,5 м и посредством отбора усредненных проб квадратно-конвертным методом из слоя 0–25 см (органическая подстилка, дерновые и гумусовые горизонты Ad и A). В лабораторных условиях в растительных и почвенных образцах определяли содержание биогенных элементов и элементов-поллютантов по общепринятым отечественным методикам [4] и международным [9]. Для статистической обработки полученных данных использовали стандартные методы и программное обеспечение Microsoft Excel, Statistica 6.

Результаты исследования и их обсуждение

Показано, что зеленые насаждения на обследованных урбанизированных территориях не могут в полной мере выполнять санитарно-защитные функции, так как их жизнеспособность значительно снижена из-за загрязнения поллютантами ассимиляционных органов и почвы, на которой они произрастают. Другими значимыми негативными факторами, нарушающими рост и развитие растений в городах, служат высокая рекреационная нагрузка, вызывающая ухудшение параметров почв, а также

распространение грибных болезней и насекомых-вредителей древесных растений.

В г. Иркутске в хвое сосны и лиственницы и листьях березы и тополя содержание серы превышает фоновое в 1,5–3 раза, фтора – в 3–6 раз, хлора – в 2–7 раз, свинца – в 8–20 раз, кадмия – в 5–8 раз, ртути – в 1,5–4 раза, меди – в 3–5 раз, железа – в 2–8 раз, мышьяка – в 2–4 раза. В то же время у всех древесных пород снижается, по сравнению с фоновым уровнем, содержание магния – в 3–4 раза, марганца – максимально до 30 раз, в хвое сосны – калия в 1,5–3,5 раза. Кроме того, древесные растения аккумулируют целый ряд органических загрязняющих веществ. Так, показано, что в хвое сосны происходит накопление полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) – одних из наиболее токсичных техногенных поллютантов, присутствующих в выбросах автотранспорта [1]. На городской территории максимальное содержание ПАУ обнаружено в хвое сосны третьего года жизни, минимальное – в хвое текущего года, аккумуляция ПАУ в ассимиляционных органах сосны за вегетационный период возрастает в 2 раза.

В Шелехове загрязнение древесных растений обусловлено близостью алюминиевого завода (2 км от городской черты), в эмиссиях которого содержатся токсичные фториды, а также значительное количество ПАУ. Хотя город расположен не по преобладающему направлению переноса аэровыбросов, тем не менее, уровень фторидов в хвое деревьев возрастает до 10 раз, серы – в 2 раза, суммы ПАУ – до 20 раз по сравнению с фоновыми концентрациями.

В Ангарске содержание элементов-поллютантов в хвое и листьях деревьев также высокое. В городских парках содержание серы превышает фоновые концентрации в 2–3 раза, свинца – в 7–15 раз, кадмия – в 4–7 раз, ртути – в 1,5–2 раза, меди – в 2–5 раз, железа – в 2–6 раз, мышьяка – в 1,5–3 раза. Обнаружено, что при увеличении доли элементов-поллютантов (серы, свинца, кадмия) в хвое и листьях параллельно происходит снижение долей биогенных элементов, особенно фосфора, магния, калия, марганца. Зеленые насаждения Ангарска находятся в неудовлетворительном состоянии. В уличных посадках деревья размещены неравномерно, наряду с сильно загущенными участками встречаются сильно разреженные посадки, где

возраст деревьев приближается к физиологической старости. В сосновых массивах практически нет подроста и подлеска, многие участки пройдены пожарами, нередко несанкционированные вырубki деревьев.

Спецификой городской территории Усоля-Сибирского является наличие значительной площади техногенных отвалов химических производств. Как показывают космические снимки (программа Google Earth 6.2.2.6613), площадь самих промышленных отвалов составляет 350 га, а шлейф распространения техногенных отходов прослеживается по розе ветров еще на 15–20 км. При натурных обследованиях территории городских отвалов, в первую очередь, обращает на себя внимание сильное изменение почвенного покрова вследствие погребения естественных почв под пластинами твердых отходов промышленного производства и формирования эмбриоземов. Следует отметить, что на этой обширной территории какие-либо работы по искусственному восстановлению и озеленению не проводятся. На других участках города состояние зеленых насаждений также не соответствует оптимальному.

В обследованных городах максимальное изменение показателей жизненного состояния деревьев отмечается в центральных частях и вблизи автодорог: уровень дефолиации крон хвойных деревьев повышается до 60%, лиственных – до 50%, площадь некрозов хвоинок и листьев может составлять 20%, масса хвои на побегах уменьшается до 3–4 раз, ее длина – в 2 раза, охвоенность побегов – в 2–3 раза, длина побегов в 2–4 раза, продолжительность жизни хвои сосны сокращается до 1–3 лет (в фоновых условиях она составляет 5–6 лет). Поскольку на городской территории количество ассимилирующей фитомассы древесных растений из-за повышенного уровня дефолиации крон уменьшается, то соответственно этому снижается и интенсивность фотосинтеза, а следовательно, и выделение кислорода. Другой причиной снижения фотосинтеза может быть сильная запыленность листьев (хвои) и накопление в них поллютантов – серосодержащих соединений, фторидов, тяжелых металлов, которые, как известно, значительно нарушают процессы газообмена и ассимиляции углерода. Так, при исследовании насаждений сосны на территории г. Шелехова установлено, что интенсивность фотосинтеза снижается от 20 до 60% от контроля.

Нарушение жизненного состояния древесных растений на городской территории приводит также к снижению их фитонцидной функции, особенно на участках, сильно загрязняемых аэровыбросами предприятий и автотранспорта. Показано, что количество смолистых веществ, в состав которых входят эфирные масла, в тканях деревьев, ослабленных техногенными эмиссиями, существенно уменьшается, например, в хвое сосны – в 1,5 раза, в хвое ели – в 3,1 раза, в хвое лиственницы – в 4,2 раза в сравнении с фоновыми древостоями [6]. Поскольку смолистые вещества являются главнейшими защитными средствами хвойных деревьев, то снижение их уровня вызывает соответственное падение резистентности древесных растений к грибным болезням и энтомовамедителям. Например, на территории г. Иркутска наблюдается значительное распространение таких фитопатогенных грибов, как *Nectria cinnabarina*, *Tubercularia vulgaris*, *Melanconium betulinum*, *Microsphaera betulae*, *Cytospora chrysosperma*, *Cytospora nivea*, *Phyllosticta populina*, *Uncinula salicis f. Populorum*, *Melampsora larici-populina*, *Melampsora medusa*, все они сильно повреждают листья и ветви березы и тополя. На хвойных породах часто отмечается заболевание шютте, оно проявляется в пожелтении хвои, вызванном различными видами микромицетов. Например, пожелтение хвои сосны вызывают грибы рода *Lophodermium*, лиственницы – *Hartigella laricis*, ели – *Lirula macrospora*. Кроме того, в городских насаждениях регистрируется практически повсеместное распространение энтомовамедителей. Лиственница сильно повреждается лиственничной почковой галлицей и лиственничной чехлоноской, ель – еловой ложнощитовкой и зеленым хермесом, тополь – тополевой молью-пестрянкой, береза – березовым мешетчатым клещиком, черемуха – галловым черемуховым клещем, черемуховой молью и боярышницей, груша – грушевым галловым клещем, яблоня сибирская – медяницей, а в последние 6 лет наблюдается ее сильнейшее повреждение горностаевой молью [5].

На урбанизированных территориях вследствие высокого уровня рекреационной нагрузки выявляются существенные изменения эдафических условий. Нарушается расположение генетических горизонтов в системе почвенного профиля вплоть до полного их отсутствия, усиливаются

процессы оглеения и вторичного засоления почв. Особенно распространены изменения морфологических и физико-химических свойств верхних горизонтов почв на территории самого крупного из исследованных городов – Иркутска. Обнаружено, что плотность и удельный вес почвы увеличиваются в 1,5–2 раза, доля антропогенных включений в образцах почв – в 5–10 раз, содержание физической глины (частиц < 0,01 мм) – до 30%, при этом пористость снижается до 50%, аэрация – до 75%, общая влажность – в 1,5–3 раза. Нетипичное повышение удельного веса верхнего дернового горизонта Ad (5–10 см) по сравнению с нижележащим гумусовым горизонтом А (до 40 см) свидетельствует об осаждении твердых мелкодисперсных частиц техногенного происхождения на поверхность почвы. Выявлены также нарушения минерализации органического вещества, об этом свидетельствуют повышенные отношения гумуса к азоту (выше фонового уровня в 1,5 раза) и значительные потери углерода из верхних горизонтов почв (эмиссия CO₂ в 2,5–5,5 раза выше фоновой). О загрязнении почв городских территорий можно судить по выраженному смещению реакции почвенного раствора в сторону подщелачивания (вблизи автодорог и крупных предприятий), а также по высоким концентрациям тяжелых металлов в верхних горизонтах почв: содержание подвижного свинца превышает фоновое до 15–25 раз, кадмия – до 7–10 раз, цинка – до 5–12 раз, меди – до 8–17 раз.

Исходя из приведенных данных, при расчете площади зеленых насаждений в соответствии с нормативами (общегородскими и на одного жителя) следует учитывать действующие в городах негативные факторы, существенно ухудшающие жизненное состояние и, следовательно, снижающие средообразующую и санитарно-защитную роль древесных растений. Так, если оценить эколого-физиологическое состояние древесных растений из ненарушенных лесных фитоценозов по таким параметрам, как уровень дефолиации крон, масса и длина побегов, интенсивность фотосинтеза, содержание смолистых веществ, биогенных элементов, элементов-токсикантов, и полученный показатель принять за 10 баллов, то на урбанизированных территориях он снижается до 5,5–6,0 в Иркутске, 4,5–5,5 в Шелехове, 4,5–5,0 в Ангарске, 3,5–4,5 в Усолье-Сибирском.

Необходимо также принимать во внимание специфику природных условий Сибири, за счет которых период активного функционирования зеленых насаждений уменьшается. Так, если в европейской части страны продолжительность вегетационного периода составляет 140–150 дней, то в Восточной Сибири – 95–120 дней. Отсюда следует, что нормы озеленения обследованных городов должны быть выше, чем действующий норматив не менее чем в 1,5–2 раза. Причем, при расчете площади зеленых насаждений должны приниматься во внимание участки, занятые древесными породами именно в черте города, неприемлемо включать сюда пригородные леса, как это делается в настоящее время, подобный подход лишь искусственно завышает показатель озелененности.

При планировании озеленения урбанизированных территорий важно также выделять участки разного экологического статуса, чтобы создавать на них адекватные типы насаждений. При этом важным аспектом является подбор соответствующего ассортимента древесных растений, устойчивых к воздействию природных и антропогенных негативных факторов. Нами рекомендации по озеленению промышленных городов Приангарья разрабатывались на основе исследований современного состояния насаждений, кроме того, были учтены результаты ранее проведенных испытаний древесных растений на устойчивость к техногенным токсикантам в модельных экспериментах, а также рекомендации других авторов по озеленению сибирских городов [3].

Вблизи крупных автомагистралей следует высаживать наиболее устойчивые к техногенному загрязнению виды деревьев и кустарников, обладающие также эффективной фильтрующей способностью (кизильник черноплодный, бузина кистистая, жимолость татарская, сирень обыкновенная, акация желтая, рябинник рябинолистный, яблоня сибирская). На участках, вблизи которых автодороги обрабатываются противогололедными реагентами, необходимо создавать насаждения, устойчивые к засолению почв и характеризующиеся мощной корневой системой. Такими свойствами обладают вяз обыкновенный, сирень обыкновенная, липа крупнолистная, ясень обыкновенный, спирея средняя, лох серебристый; из травянистых растений – райграс пастбищный, житняк гребенчатый, бескильница расставленная,

полевицы побегоносная и белая. В городских скверах и парках, помимо названных, рекомендуется применять в посадках вяз перистоветвистый, дерен белый, розы (иглистую, морщинистую, сизую), осину, смородину альпийскую, иву козью, душистую кустарниковую, клены ясенелистный и татарский, рябину обыкновенную, боярышник сибирский, кизильник блестящий. На участках парков с преобладанием заасфальтированной дорожно-тропиночной сети следует высаживать засухоустойчивые виды деревьев и кустарников с хорошо развитой корневой системой (береза повислая, липа мелколистная, карагана древовидная, вяз приземистый, ива козья, клен ясенелистный, бересклет европейский). Желательно также осуществлять подсев травянистых растений, из которых пригодны овсяница красная и луговая, волоснец ситниковый, клевер ползучий, лисохвост луговой. При высокой рекреационной нагрузке следует использовать виды, образующие плотную дерновину. Из хвойных пород для куртинных посадок в городских парках и лесопарках пригодны лиственницы сибирская и даурская, ель сибирская, в меньшей степени сосна обыкновенная.

Заключение

Обследование территорий промышленных городов Приангарья показало недостаточный уровень их озеленения. Существующий в настоящее время подход к расчету необходимой площади городских зеленых насаждений не учитывает комплекс негативных факторов, снижающих средообразующую и санитарно-защитную роль древесных растений, в связи с чем необходима оптимизация таких расчетов. Согласно проведенной экспертной оценке, показатель эколого-физиологического состояния древесных растений на территориях обследованных городов снижается в 2 и более раза, соответственно, нормы озеленения урбанизированных территорий должны быть выше, чем действующий норматив. В пределах промышленных городов рекомендуется выделять участки разного экологического статуса и создавать на них адекватные типы насаждений. Приводится ассортимент растений, пригодных для озеленения городов Приангарья.

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту № 0343-2014-0001.

Список литературы

1. Горшков А.Г. Хвоя сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) как биоиндикатор загрязнения атмосферы полициклическими ароматическими углеводородами // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2008. – № 16. – С. 159–166.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области за 2012 год». – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2013. – 337 с.
3. Коропачинский И.Ю. Древесные растения для озеленения Красноярска / И.Ю. Коропачинский, Р.И. Лоскутов. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2014. – 320 с.
4. Методы биохимического исследования растений [под ред. А.И. Ермакова]. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
5. 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: мат-лы Межд. науч.-практ. конф.* (Чита, 14–16 сент. 2009 г.). – Чита, 2009. – С. 72–75.
6. Рожков А.С. Смолистые вещества хвойных и насекомые-ксилофаги / А.С. Рожков, Г.И. Массель. – Новосибирск: Наука, 1982. – 148 с.
7. Adinolfi C. Relation between visitors' behaviour and characteristics of green spaces in the city of Granada, south-eastern Spain / C. Adinolfi, G.P. Suárez-Cáceres, P. Cariñanos // *Urban Forestry and Urban Greening*. – 2014. – Vol. 13, № 3. – P. 534–542.
8. Jim C.Y. Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing and developed economies // *Urban Ecosystems*. – 2013. – Vol. 16. – P. 741–761.
9. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests / UNECE, ICP Forests Programme Coordinating Centre. [Hamburg], 2010. URL:<http://www.icp-forests.org/Manual.htm> (дата обращения 03.07.2015).
10. Östberg J. Tree Inventories in the Urban Environment. Methodological development and new applications // *Acta Universitatis agriculturae Sueciae*. – 2013. – Vol. 29. – 78 p.