

## ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕНДРОФЛОРЫ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В.Б. Калманова

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,  
e-mail: kalmanova@yandex.ru

*С учетом перспективных тенденций развития городских территорий обоснованы показатели экологического состояния дендрофлоры. Используются как общепринятые показатели, так и предложенные впервые, включающие объем кроны, окраски листьев, соотношение хлорофиллов и некрозов, наличие суховершинности и механических повреждений, а также продолжительность вегетационного периода.*

**Ключевые слова:** дендрофлора, экологическое состояние, зеленые насаждения, урбанизированная территория, функциональная значимость, принципы озеленения, зеленый каркас.

### Введение

Озелененные пространства города являются неотъемлемым элементом оптимизации экологической среды и входят в систему его жизнеобеспечения. Согласно закону РФ «Об охране окружающей природной среды» (2003) зеленые зоны городов и населенных пунктов относятся к особо охраняемым природным территориям. Растительность на улицах городов, поселков рассматривается, прежде всего, с точки зрения улучшения среды жизни для человека в гигиеническом и эстетическом отношении. Основными элементами системы озеленения городов являются парки, сады, скверы, уличные посадки, газоны, озеленение жилых районов, санитарно-защитные зоны промышленных предприятий [6, 11].

Актуальность работы обусловлена тем, что благоустройство и озеленение являются важнейшей сферой деятельности муниципального хозяйства. Именно в этой сфере создаются условия, которые обеспечивают высокий уровень качества жизни населения. Тем самым создаются условия для здоровой комфортной жизни как для отдельного человека по месту проживания, так и для всех жителей города, района, микрорайона.

В связи с экологическими проблемами, которые охватили все урбанизированные территории, включая и небольшие по площади средние и малые города, не всегда складываются благоприятные условия для развития и нормального функционирования дендрофлоры. На зеленый наряд города оказывает влияние комплекс факторов: градостроительные решения, эколого-гигиеническая ситуация, инженерно-строительные, почвенные, микроклиматические и ландшафтные особенности территории [7, 14].

На Дальнем Востоке (ДВ) исследования по оценке экологического состояния растительности в целом по городам, а не фрагментарно, не проводились, несмотря на то, что практически вся территория характеризуется неблагоприятной экологической обстановкой [2, 3, 10].

Определение экологического состояния растительности в г. Биробиджане в настоящее время не менее актуально и значимо, чем для других более крупных горо-

дов страны. Зеленые насаждения города располагаются крайне неравномерно, в ряде жилых районов растительность скудна или вообще отсутствует. В последние годы в связи с расширением автомобильных дорог, строительством жилых домов, бизнесцентров и др., количество зеленых насаждений общего пользования неуклонно уменьшается (с 2003 по 2012 гг. примерно на 36%), озелененные объекты специального назначения и ограниченного пользования находятся в запущенном состоянии, исчезает разделительное озеленение автомагистралей. Почти 60% древесных насаждений в результате естественных возрастных изменений теряют свои декоративные и экологозащитные функции, служат переносчиками инфекционных заболеваний для других древесных растений, а также все чаще становятся угрозой безопасности горожан и инфраструктуры города.

Целью исследования является выбор приоритетных показателей для оценки экологического состояния дендрофлоры в условиях городской среды (на примере г. Биробиджан).

### Материалы и методы

Действующие методики оценки состояния растительности в городских условиях ориентированы на приоритет санитарно-гигиенических показателей и являются неполными с точки зрения характеристики состояния рассматриваемого природного компонента. Следовательно, требуется обобщение существующего опыта в области оценки состояния городской растительности, включающее необходимый и достаточный набор показателей [2, 12].

Выбор показателей обосновывается спецификой территории (размер города, функциональное использование, геохимические особенности и др.). Предложенные ранее показатели в большей части применялись для оценки природных компонентов территорий больших городов. Для средних и малых городов не разработаны и не установлены количественные величины некоторых показателей, что усложняет отнесение территории к определенному рангу загрязнения.

Некоторые показатели экологического состояния растительности средних и малых городов

Показатели выше фонового уровня	Экспериментальные измерения ИКАРП ДВО РАН и статистические данные различных ведомственных служб (на примере г. Биробиджана) (2003–2010)				
	Экологическое состояние растительности				
	Относительно удовлетворительное	Конфликтное	Напряженное	Критическое	Кризисное
Растительность – листья (мг/кг)					
Медь (Cu)	< 0,5	0,6–2	2,1–3,5	3,6–5	> 5
Цинк (Zn)	< 0,3	0,3–1	1,1–1,8	1,9–2,6	> 2,7
Свинец (Pb)	< 1,2	1,3–6	6,1–10,8	10,9–15,7	> 15,8
Никель (Ni)	< 2	2–7	8–13	14–19	> 20
Кобальт (Co)	< 0,3	0,3–5	5,1–9,8	9,9–14,6	> 14,7
Железо (Fe)	< 0,4	0,4–4	4,1–7,7	7,8–11,5	> 11,6
Марганец (Mn)	> 2	фон	>3–4<2–3	>5–6<3–4	> 7< 5
СПК тяжелых металлов	<17	18–35	36–53	54–71	> 72
Растительность – кора (мг/кг)					
Медь (Cu)	< 0,8	0,9–2	2,1–3,2	3,3–4,4	> 4,5
Цинк (Zn)	< 0,5	–0,6–2	2,1–3,5	3,6–5	> 5
Свинец (Pb)	< 0,3	–0,4–2	2,1–3,7	3,8–5,4	> 5,5
Никель (Ni)	< 0,3	0,4–2,5	2,6–4,7	4,8–6,9	> 7
Кобальт (Co)	< 0,5	0,5–6	6,1–11,6	11,7–17,2	< 17,3
Железо (Fe)	< 0,2	0,3–1	1,1–1,8	1,9–2,6	< 2,7
Марганец (Mn)	> 0,2	фон	>1,1–2<1,1–2	>2,1–3<2,1–3	>3,1<3,1
СПК тяжелых металлов	<19	20–39	40–59	60–79	> 80

Все важные, на наш взгляд, показатели были объединены в группы: основные диагностические и дополнительные или вспомогательные, уточняющие основные в зависимости от типа хозяйственного использования городской территории.

#### Основные показатели

В связи с отсутствием утвержденных значений ПДК химических элементов для городской растительности рекомендуется использовать фоновые показатели их содержания, характеризующие состояние дендрофлоры на эталонных участках (непреобразованных, слаборазрушенных). Кроме того, поскольку очаги техногенного загрязнения, как правило, представляют собой избыточную концентрацию не одного, а целого комплекса химических элементов, то загрязнение городской растительности необходимо оценивать по суммарному пока-

зателю концентрации (СПК) веществ различных классов опасности (табл. 1).

#### Дополнительные показатели

К числу индикаторов степени экологического неблагополучия относятся: объем кроны, окрас листвы, соотношение хлорозов и некрозов, наличие суховершинности, механических повреждений, а также продолжительность вегетационного периода. Все они в комплексе дают целостную картину загрязнения городской среды и растительности. Кроме того, косвенно могут свидетельствовать о состоянии почвенного покрова и атмосферного воздуха. Предложенные показатели отражены в табл. 2, их значения приравнены к 4-х балльной шкале, где каждый балл соответствует определенному состоянию дендрофлоры [2, 9].

Таблица 2

Характеристика экологического состояния деревьев

Состояние деревьев (балл)	Основные признаки	Дополнительные признаки
1 – хорошее	Листва зеленая, блестящая, крона густая, прирост текущего года нормальный	Небольшие механические повреждения (до 1%)
2 – удовлетворительное	Листва зеленая; крона слабоажурная, прирост нормальный	Местные повреждения ветвей, корневых лап и ствола, механические повреждения, единичные водяные побеги
3 – неудовлетворительное	Листва мельче или светлее обычной, преждевременно опадает, крона изрежена, прирост ослаблен по сравнению с нормальным	Признаки предыдущей категории выражены сильнее. Попытки поселения стволовых вредителей, сокоотечение и водяные побеги на стволе и ветвях, хлорозы и некрозы (до 40%)
4 – весьма неудовлетворительное	Листва светлее или желтее обычной, преждевременно опадает или увядает, крона сильно изрежена, кора разрушена	На стволе и ветвях возможны признаки заселения стволовыми вредителями (входные отверстия, насечки, буровая мука); обильные водяные побеги, хлорозы и некрозы (более 40%)

При адаптации методики к оценке древесной растительности на территории г. Биробиджан учитывались однотипность зеленых насаждений и уровень жизненности дендрофлоры в природных и сложившихся антропогенных условиях.

Такой показатель, как продолжительность вегетационного периода определяется в результате фиксации феноритмов у растений и смещенным фенофазам [15].

Биохимические показатели определяются за счет фитогеохимического отбора проб и их анализа (фаза сезонного развития растений, наиболее подходящая для биогеохимического исследования (август–сентябрь)). У древесных растений отдельно отбираются пробы листьев и коры, так как они имеют различную индикационную значимость. Листья в большей степени отражают сезонное загрязнение среды, причем накопление металлов в листьях деревьев в городе происходит как из почвы, так и из загрязненного воздуха: газообразные и тонкодисперсные поллютанты поступают через устьица непосредственно в листья и включаются в метаболические процессы, а твердофазные выпадения аккумулируются на поверхности листьев. В конце вегетационного периода нагрузка на листья, создаваемая оседающими частицами, может достигнуть высоких уровней. Следовательно, листья отражают загрязнение городской среды за вегетационный период аналогично тому, как снежный покров характеризует загрязнение за зимний сезон.

Корка (наружная часть коры) является безбарьерным аккумулятивным фитоиндикатором, который позволяет круглогодично исследовать степень загрязнения воздуш-

ного бассейна и почв. Корка представляет собой своеобразный сорбционный барьер на пути ассимилятов по флоэме от листьев к корням во внешних слоях ствола. Кроме того, довольно высокие концентрации металлов во флоэме обусловлены тем, что катионы образуют труднорастворимые фосфаты, практически неподвижные во флоэме и накапливающиеся в ее отмерших тканях (в феллодерме), что и обуславливает высокую концентрирующую способность периферической части ствола. Корка деревьев интегрально отражает загрязнение городской среды, и в этом отношении она подобна почвам, являющимся депонирующим компонентом городского ландшафта [1, 5, 16].

Для определения видового разнообразия и состояния городской растительности с 2003 по 2013 гг. были проведены биоцентрические исследования на 60 пробных площадках размером 10\*10 м, заложенных в различных ландшафтно-функциональных комплексах города Биробиджана (в промышленной зоне – 9, в транспортно-селитебной – 31, сельскохозяйственной – 10, рекреационной – 7 и фоновой – 3), со сгущением их вдоль автомагистралей и промышленных объектов (рис. 1).

В пределах учетных зон определяются био группы и тип озелененной территории. Исследовано 1800 деревьев, и дана оценка их экологическому состоянию. В процессе обследования зеленых насаждений, расположенных на учетном участке, в рабочем дневнике записываются нижеследующие данные в отношении:

- деревьев, расположенных на проездах – вид насаждения, номера деревьев, порода, возраст, состояние;

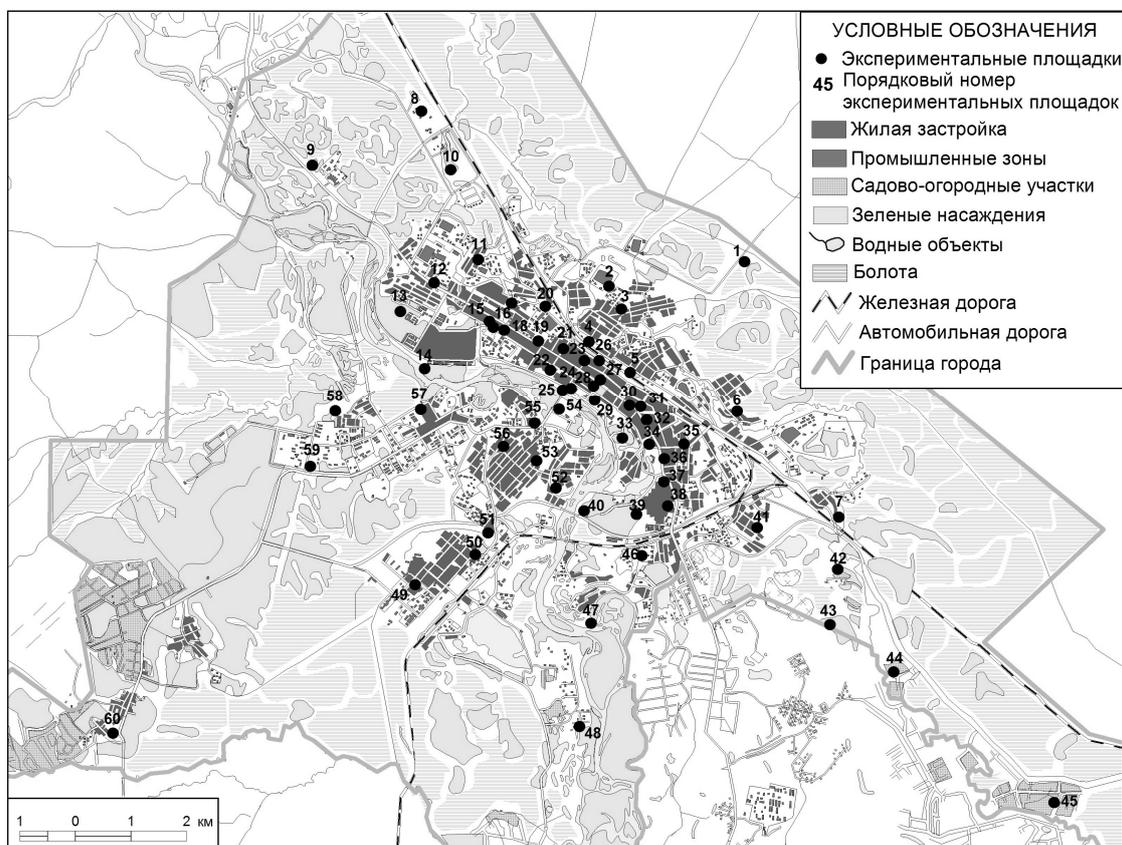


Рис. 1. Карта-схема расположения экспериментальных площадок в г. Биробиджане

- деревьев, расположенных в скверах, садах и бульварах, записываются те же данные, что и на проездах, кроме нумерации;

- деревьев, расположенных на учетных участках парков, лесопарков, – вид насаждений, преобладающий состав пород, количество деревьев на 1 га площади, средний возраст, состояние;

- кустарников – вид насаждений, порода, возраст, количество кустов, состояние [8].

При описании точек наблюдений отмечались основные ландшафтно-геохимические и фитоценотические особенности, определяющие характер структуры ландшафта и устойчивость его к загрязнению, в том числе: географическая привязка точки отбора проб, положение в мезорельефе, тип растительного сообщества и почв.

Состояние насаждений определяется по следующим признакам:

1 – «*хорошее*» – растения здоровые с правильной, развитой кроной, без существенных повреждений; газоны без пролысин и с развитым травостоем – стриженным или луговым, цветники без увядших растений и их частей;

2 – «*удовлетворительное*» – растения здоровые, но с неправильно развитой кроной, со значительными, но не угрожающими их жизни ранениями или повреждениями, с дуплами и др.; кустарник без сорняков, но с наличием поросли; газон с небольшими пролысинами, малоухоженным травостоем; цветники с наличием увядших частей растений;

3 – «*неудовлетворительное*» – древостой с неправильно и слабо развитой кроной, со значительными повреждениями и ранениями, зараженный болезнями или вредителями, угрожающими их жизни; кустарники с наличием поросли и отмерших частей, с сорняками; газоны с редким, вымирающим, полным сорняков травостоем; цветники с большими выппадами цветов, увядших растений и их частей.

4 – «*весьма неудовлетворительное*» – древостой со слабо развитой кроной, со значительными повреждениями (более 70%) энтомовредителями и болезнями, кустарники с наличием поросли и отмерших частей (более 70%), с сорняками; газоны с практически отсутствующим травостоем.

Полученные результаты были подвергнуты компьютерной обработке, что повышает практическую значимость исследования. При помощи компьютерной геоинформационной программы ArcView GIS 3.3 разработана серия электронных карт.

#### **Результаты и их обсуждение**

Предложенные показатели были использованы для оценки экологического состояния дендрофлоры г. Биробиджан. В зеленом наряде города доминируют три породы деревьев – ива, вяз и тополь (более 60% всей городской древесной фитомассы). Ива является естественной растительностью, характерной для местных географических и геоэкологических условий. Основные посадки тополей и вязов, проведенные в 1950–1960 гг., в настоящее время подходят к своему критическому возрасту, многие деревья суховершинны, сухостойны, по-

ражены гнилью и опасны для жизни горожан (например, деревья на пойменных территориях, в Парке КиО, в зеленой зоне между Медицинским колледжем и детской больницей, в районе ДСМ и др.). На остальные виды древесных пород приходится около 40% фитомассы, наиболее активными среди них являются ясень маньчжурский, березы, клен ясенелистный.

В уличных посадках деревья размещены неравномерно; наряду с сильно загущенными участками, встречаются сильно разреженные посадки, где возраст деревьев приближается к физиологической старости. В результате средозащитные функции зеленых насаждений снижаются. При обследовании центральных улиц города оказалось, что к категориям ослабленных и угнетенных растений относится 35 % всех деревьев.

По характерным хлорозам, появляющимся на листьях деревьев под воздействием поллютантов, выявлено, что наиболее устойчивы к воздушным загрязнениям ясень маньчжурский, осина обыкновенная. Практически ежегодно уже в июне – начале июля листья на 15–20% поражены хлорозом, а затем и некрозом. Особенно это характерно для листьев тополя душистого, березы плосколистной, ильма мелколистного и хвойных насаждений, у которых некрозами повреждается до 30% особей при степени поражения в целом по городу 40% зеленых насаждений.

По предложенной методике первоначально анализируется каждое дерево, произрастающее на площадке по представленной выше шкале, а затем оценивается в целом качество территории площадки по усредненному показателю состояния растительности (табл. 3).

По данным, приведенным в таблицах, можно отметить, что экологическое состояние городской растительности в среднем оценивается как удовлетворительное, хотя в местах сосредоточения промышленных источников загрязнения (ТЭЦ, асфальтовый завод, завод ДСМ и др.) и в частном секторе (например, ул. Волочаевская, п. Амурский, п. Кирпичики и др.) оно весьма неудовлетворительное. Экологическое состояние пойменной растительности оценивалось аналогично городской и также признано удовлетворительным. Это обусловлено воздействием антропогенных (множество отдыхающих, выгул скота и др.) и природных факторов (переувлажнение почвы, водная эрозия, отсутствие в природе площадной закономерности произрастания растений и т.д.). В относительно хорошем состоянии находится растительность парков и скверов (рис. 2).

При сравнении современных данных (за 2013 г.) с полученными ранее (с 2003 по 2007 гг.) результатами видно, что состояние растительности ежегодно ухудшается в среднем на 0,1–0,2 балла [2]. Линия тренда, отображающая прогноз на 7 лет, свидетельствует о возможном переходе состояния растительности в категорию «неудовлетворительное» (рис. 3).

На основе вышеизложенного, на территории г. Биробиджана были выделены общие признаки нарушения состояния растительности: а) появление сухостоя и ослабленных деревьев; б) уменьшение размеров хвои и листвы по сравнению с прошлым годом; в) преждевре-

Характеристика категорий состояния деревьев на некоторых исследуемых площадках г. Биробиджана за 2012 г. (фрагмент)

№ площадки	Виды деревьев	Категория состояния (балл)	Интегральный показатель (средний балл)
10. Индустриальный район	Береза плосколистная	1	1,4
	Береза плосколистная	2	
	Ильм Японский	1	
	Ива Шверина	1	
	Ива Шверина	2	
	Клен мелколистный	1	
	Тополь душистый	2	
12. Район завода ДСМ	Тополь душистый	4	2,8
	Тополь душистый	3	
	Тополь душистый	3	
	Ива непонская	2	
	Ива Шверина	3	
	Береза плосколистная	2	
19. ТЭЦ	Тополь душистый	3	2,6
	Тополь дрожащий	3	
	Ива росистая	2	
38. ул. Широкая	Ясень маньчжурский	1	2
	Ясень маньчжурский	2	
	Ива Шверина	2	
	Вяз японский	3	
	Вяз японский	2	

менное (задолго до осени) пожелтение и опадание листвы; г) появление некрозов и хлорозов хвои и листвы, сокращение срока жизни хвои; д) интенсивное разрастание на коре деревьев мелких водорослей зеленого

цвета, а также заметное повреждение деревьев различными болезнями и энтомовыми вредителями.

Таким образом, экологическое состояние растительности определяется природными и антропогенными

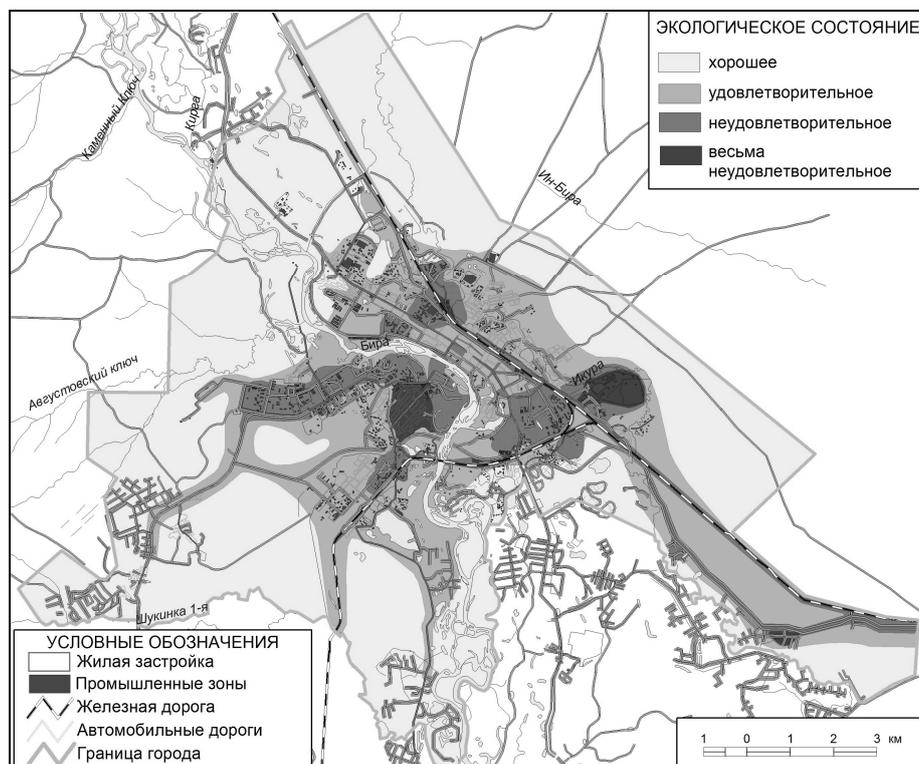


Рис. 2. Зонирование г. Биробиджана по экологическому состоянию дендрофлоры

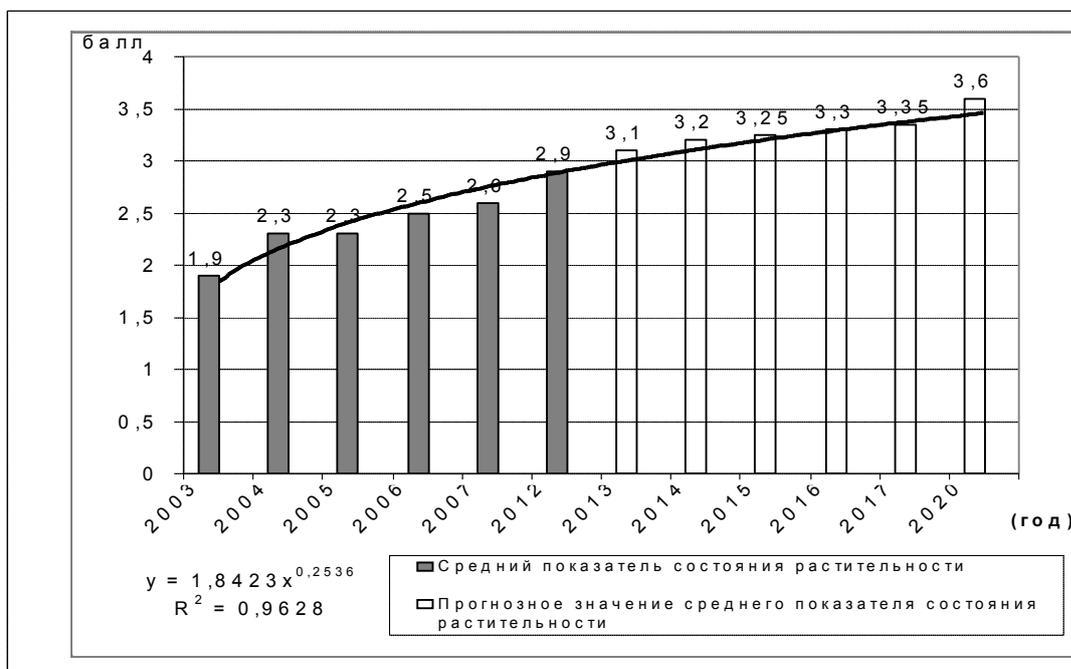


Рис. 3. Динамика экологического состояния городской растительности

факторами, влияние которых можно оценить путем визуального наблюдения на основе экспертных оценок. Экологическое состояние городской растительности в среднем оценивается как удовлетворительное, хотя в местах сосредоточения промышленных источников загрязнения и в частном секторе оно весьма неудовлетворительное. Улучшить данную ситуацию можно только реконструкцией и восстановлением зеленых насаждений, подбором растений с учетом функциональной значимости в соответствии с планировкой города, природными условиями и рекреационной нагрузкой [4, 13].

Одним из важных моментов, обеспечивающих высокую эффективность и долговечность создаваемых городских насаждений, является научно-обоснованный подбор древесных пород, устойчивых к своеобразным условиям урбанизированной среды. Устойчивость растений зависит от многих факторов, среди которых наиболее существенными являются наследственные признаки, возраст растений и условия окружающей среды.

**Работа проводилась в рамках проекта конкурса ДВО РАН 14-III-B-09-220.**

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая оценка территорий. М.: Наука, 2005. 319 с.
2. Калманова В.Б. Комплексная оценка функциональной значимости и экологического состояния дендрофлоры г. Биробиджана // Региональные проблемы. 2005. № 6–7. С. 67–72.
3. Калманова В.Б. Общие свойства и особенности урбанизированных территорий // Региональные проблемы. 2011. Т 14, № 1. С. 38–41.

*In the paper the author has substantiated the parameters for dendroflora ecological condition taking into account the urban area perspective tendencies of development. It is used both the standard parameters, and those offered for the first time - including the parameters for crone volumes, foliage colour; correlation between chlorosis and necrosis; the presence of dead treetops and mechanical damages, and the vegetative period duration.*

**Key words:** dendroflora, ecological condition, green plantings, urbanized territory, functional importance, principles of gardening, green frame.

4. Калманова В.Б. Основные мероприятия по оптимизации системы мониторинга экологического состояния средних и малых городов (на примере г. Биробиджана) // Региональные проблемы. 2012. Т. 15, № 1. С. 69–73.
5. Калманова В.Б., Матюшкина Л.А. Карта почвенно-экологических условий города Биробиджана (Еврейская автономная область): структура и содержание // Геодезия и картография. 2011. № 9. С. 49–54.
6. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 125 с.
7. Маслов Н.В. Градостроительная экология. М.: Высшая школа, 2002. 284 с.
8. Методика инвентаризации городских зеленых насаждений. М., 1997. С. 7.
9. Мозолевская Е.Г., Белова Н.К. Методы оценки состояния деревьев и насаждений // Мониторинг состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы. М.: МГУ леса, 1998. С. 17–39.
10. Морозова Г.Ю., Злобин Ю.А., Мельник Т.И. Растения в урбанизированной природной среде: формирование флоры, ценогенез и структура популяций // Журнал общей биологии. 2003. Т 64, № 2. С. 166–180.
11. Морозова Г.Ю., Нарбут Н.А., Бабурин А.А. и др. Концепция озеленения Хабаровска. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2003. 38 с.
12. Нарбут Н.А., Матюшкина Л.А. Выбор и обоснование экологических критериев для оценки состояния городской среды // Вестник ТОГУ. 2009. № 3 (14). С. 71–76.