
ОРИГИНАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ

УДК 630.181+502.33:911.37](571.63)

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ ЗЕЛЕНОЙ ЗОНЫ ВЛАДИВОСТОКА

© 2015 г. Н. С. Шихова

Биолого-почвенный институт ДВО РАН
690022 Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159

E-mail: shikhova@ibss.dvo.ru

Поступила в редакцию 25.12.2012 г.

В работе дана комплексная эколого-биологическая оценка современного состояния пригородных лесов Владивостока. Изучены видовой и ценотический состав растительности, определены степень ее антропогенной трансформации, уровни рекреационных и техногенных нагрузок на лесные экосистемы. Установлено прогрессирующее негативное влияние факторов рекреации и урбанизации на экологическое состояние растительного и почвенного покрова по мере приближения к границе города. Предложены меры оптимизации состояния лесопарковых насаждений зеленой зоны г. Владивостока.

Лесопарковые насаждения, антропогенная трансформация растительности, мониторинг состояния пригородных лесных экосистем, рекреация.

Важной экологической проблемой современного урбанизированного мира является изучение особенностей функционирования, оценка состояния и поиск путей оптимизации лесопарковых насаждений и зеленых зон городов. Она носит комплексный характер и включает в себя целый ряд как научных, так и практических задач, главными из которых, на наш взгляд, являются круг вопросов, связанных с рекреационным лесопользованием, и мониторинг состояния пригородных лесных экосистем совместно с урбоэкосистемами. К сожалению, в настоящее время не существует единой методической базы комплексного изучения экологических проблем пригородных лесов и насаждений (Скрипальщикова, 2008). Если вопросы рекреационного лесопользования и научного обоснования допустимых рекреационных нагрузок для разных типов леса изучены достаточно детально и широко освещены в научной литературе (Карпизонова, 1967; Казанская и др., 1977; Полякова и др., 1983; Полякова, 1979; Селедец, 2000; и др.), то проблемы, связанные с техногенным воздействием городских агломераций на лесные экосистемы, рассматриваются крайне не достаточно. Мы в какой-то мере попытались восполнить этот пробел на примере исследования пригородных лесов г. Владивостока.

Город Владивосток расположен в южной части полуострова Муравьев-Амурский. Селитебная зона города и прилегающие к нему дачно-садовые районы занимают около трети территории полуострова, остальная его часть покрыта лесами. Общая площадь земель лесного фонда Владивостокского городского округа (вместе с прилегающими островными территориями) по данным официального сайта администрации Владивостока (Технико-экономическая характеристика ... [Электронный ресурс]) на конец первого десятилетия XXI в. составила 54.5 тыс. га, в том числе лесопокрывтия – 47.4 тыс. га. Под земли рекреационного назначения отведено 3517 га. В ведении Владивостокского лесничества на материковой части Владивостокского городского округа находится 17.3 тыс. га лесов, которые по целевому назначению относятся к защитным. Около 39% их площади приходится на лесопарковые зоны (Лесохозяйственный регламент Владивостокского лесничества. [Электронный ресурс]). В последние годы отмечается все возрастающее использование пригородных лесов и рекреационных территорий под застройку. Кроме того, в связи с увеличением у населения высоко проходимых транспортных средств все большие площади лесов полуострова, ранее мало доступные, охватываются рекреацией. В результате происходит как прямое изъятие зе-

мель, так и деградация зеленых массивов, не подготовленных для массового посещения горожан. Вследствие этого ухудшается санитарное состояние лесов, снижается их эстетическая привлекательность и экологическая ценность ландшафтов в целом. Существенно снижается защитная роль лесов зеленой зоны, как живого фильтра и “легких” воздушной среды города.

Цель наших исследований – комплексная эколого-биологическая оценка современного состояния лесных экосистем лесопарковой зоны г. Владивостока и влияния на них процессов рекреации и урбанизации.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Согласно геоботаническому районированию Дальнего Востока Б.П. Колесникова (1961), изучаемая территория входит в состав горно-приморского Сучано-Владивостокского округа дубовых, широколиственных, кедрово-широколиственных с грабом и чернопихтово-широколиственных лесов Дальневосточной (Маньчжурской) провинции кедрово-широколиственных и дубовых лесов Восточно-Азиатской хвойно-широколиственной области. Зональными в районе исследований являются бурые лесные типы почв, которые формируются при хорошем дренаже под дубняками, а также под горными хвойно-широколиственными лесами (Ливеровский, 1974; Иванов, 1976). На полуострове Муравьев-Амурский в зависимости от рельефа, почвообразующих пород и господствующего типа растительности встречаются разные типы бурых лесных почв, но преобладают бурые горно-лесные почвы в разной степени гумусированные и оподзоленные (Иванов, Журавков, 1967).

Первые наиболее полные описания растительности вышеназванного полуострова были выполнены А.Ф. Будищевым в 60-х годах XIX в. (Будищев, 1898). Они свидетельствуют о первозданной красоте и богатстве девственных хвойно-широколиственных лесов полуострова. Полуторавековая история их хозяйственного освоения и эксплуатации значительно изменила облик растительности и ландшафта в целом. Справедливости ради следует заметить, что городскими властями старого Владивостока (1875–1922 гг.) многократно принимались регламентирующие и природоохранные акты по сохранению лесных богатств полуострова от хищнического уничтожения, особенно ярко выраженного в первые десятилетия строительства порта и административного центра Владивосток (Манько, 2011). Усилия эти не пропали даром, на что косвенно указывают данные последнего по

времени детального исследования лесной растительности полуострова, проведенного сотрудниками отдела леса Биолого-почвенного института ДВО РАН в самом конце XX в. (Прохоренко и др., 1996; Прохоренко, 1999). Результаты выполненных работ и составленная по ним Н.Б. Прохоренко крупномасштабная геоботаническая карта (Масштаб 1 : 25 000) свидетельствуют, что леса полуострова и в настоящее время в определенной мере сохраняют свое видовое и типологическое разнообразие. Они представлены 11 условно коренными и устойчиво производными типами леса, относящимися к 4 формациям: чернопихтово-широколиственных, кедрово-широколиственных, ильмово-ясеневых и дубовых лесов.

К концу первого десятилетия XXI в. на территории Владивостокского лесничества, согласно данным Лесного плана Приморского края (Лесной план Приморского края на 2009–2018 гг. [Электронный ресурс]), площадь под хвойными породами составляла 81.4 тыс. га, мягколиственными – 46.3 тыс. га, твердолиственными – 232.6 тыс. га. Как среди твердолиственных пород, так и в целом по полуострову самые обширные лесные площади заняты дубняками – 204.5 тыс. га.

Наши исследования лесных экосистем полуострова Муравьев-Амурский были выполнены в 2002–2006 гг. в соответствии с методикой комплексной оценки состояния растительности и экосистем, находящихся в условиях антропогенно-техногенного пресса (Шихова, Полякова, 2006). Они включают оценку видового и ценотического состава растительности, жизненного и возрастного состояния древостоя и кустарников, уровня испытываемых экосистемами рекреационных нагрузок, степени загрязнения почв и растений тяжелыми металлами.

Жизненное состояние древесных видов диагностировалось по сумме показателей (общий габитус растений, состояние скелетной части кроны, интенсивность повреждений листьев, ветвей, ствола и поверхностных корней болезнями, вредителями, механическими воздействиями и др.). В дальнейшем по полученным данным, согласно методическим разработкам В.А. Алексеева (1989), рассчитывался индекс жизненного состояния видов и насаждений (ИС) и определялась категория их состояния (КС). Все древесные виды и насаждения по показателю жизненного состояния были разделены на пять категорий состояния: I КС (ИС = 80–100%) – здоровые; II КС (ИС = 50–79%) – слабо поврежденные (умеренно ослабленные); III КС (ИС = 20–49%) – сильно поврежденные (сильно ослабленные); IV КС

(ИС $\leq 20\%$) – усыхающие (отмирающие, полностью разрушенные); V КС (ИС = 0%) – сухостой.

Степень рекреационной дигрессии насаждений оценивалась по шкале, разработанной А.П. Добрыниным для дубовых лесов Российской Дальнего Востока (Добрынин, 2000). Автором по состоянию растительности, мощности лесной подстилки, плотности поверхностного горизонта почв и площади троп выделены три стадии рекреационной дигрессии. К I стадии (нормально развивающихся насаждений) относятся дубняки с нормально развитыми древесным, кустарниковым и травянистыми ярусами, лесной подстилкой более 5 см, плотностью поверхностного горизонта почв $0.5\text{--}0.7 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ и площадью троп менее 5%. Для II стадии дигрессии (насаждения на границе устойчивости) характерны механические и пирогенные повреждения не менее чем у 5% деревьев, сокращение (до 2 раз) подроста и подлеска, отсутствие травяного яруса на тропах и вблизи них, тенденция к распространению луговых видов, уменьшение мощности подстилки до 1 см, возрастание плотности почв до $0.7\text{--}0.9 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ и площади троп до 5–15%. К III стадии дигрессии (деградированные насаждения) относятся леса, у которых повреждено более 15% древостоя, сильно нарушен процесс возобновления, в травостое преобладают луговые и сбоеустойчивые виды, подстилка – менее 1 см, плотность поверхностных горизонтов почв – $0.8\text{--}1.0 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, площадь троп – более 15%.

Степень антропогенной трансформации травянистых ярусов растительности диагностировалась по доле синантропных видов в общем составе травянистых видов (коэффициент синантропизации флоры) и вкладе синантропных видов в сложении общего проективного покрытия травостоя (коэффициент синантропизации ценопопуляций) (Горчаковский, Телегова, 2005; Прокопьев и др., 2009). В дальнейшем по величине рассчитанного коэффициента синантропизации в соответствии с равномерной 10-балльной шкалой, включающей 5 стадий трансформации (слабая, умеренная, средняя, сильная и очень сильная), определялся уровень антропогенной трансформации травянистых ярусов растительности изучаемого региона (Прокопьев и др., 2009).

Интенсивность антропогенно-техногенных нагрузок на экосистемы оценивалась по численности пешеходов и транспорта (ед. ч^{-1}), проходящего по учетной площади или в непосредственной близости от нее, густоте дорожно-тропиночной сети (встречаемость троп при пошаговом учете, %), степени задерненности и захламленности почвы (глазомерно, %).

Для химического анализа на каждой пробной площади отбирался смешанный (из 10–15 точек) образец поверхностного горизонта почв (0–15/20 см), пробы листьев древесно-кустарниковых видов и укосный травостой с 10 площадок (1 м²). Изучение водно-физических свойств почв проводилось в образцах из поверхностных горизонтов (1/2–7 см) в 6–10-кратной повторности общепринятыми методами (Агрофизические..., 1966; Вадюнина, Корчагина, 1986). Анализ содержания тяжелых металлов в пробах выполнен атомно-абсорбционным методом в кислотных вытяжках зола растений и прокаленного остатка почв на спектрофотометре Shimadzu AA 6800.

Объектами нашего исследования служили, в основном, растительные сообщества с доминированием или значительным участием дуба монгольского, как наиболее широко распространенные на лесной территории полуострова. Большая часть дубовых лесов полуострова в настоящее время, по мнению Н.Б. Прохоренко (1999), представляет различные стадии коротко-, длительно- и устойчивовосстановительных смен растительности и отнесены в её классификационной схеме к формациям кедрово-широколиственных и чернопихтово-широколиственных лесов. Формация условно-коренных дубовых лесов представлена на полуострове единственным типом леса – условно-коренными леспедецево-рододендровыми марьянниково-попынными дубняками. Они занимают весьма незначительную площадь и приурочены к верхним частям крутых и очень крутых инсолируемых склонов сопков. На обследованной нами территории они не встречались. Большая часть дубняков полуострова отнесена автором приведенной выше классификации к устойчиво производным насаждениям, которые несут в себе некоторые признаки коренных лесов.

По степени удаленности от селитебной зоны лесопарковые насаждения были подразделены нами условно на приграничные (ЛП), находящиеся вблизи городских окраин и жилых микрорайонов города, и типичные (ЛТ), отстоящие от селитебной зоны на 2 км и более и в меньшей степени подверженные влиянию урбанизации и рекреации. Всего было заложено 32 пробные площади по 500 м², в том числе 16 пробных площадей в ЛП и 26 – в ЛТ.

Сравнительный эколого-биологический анализ этих насаждений и территорий был выполнен на основе средних для типов насаждений показателей. Видовая насыщенность и плотность растений на пробных площадях, встречаемость древесных видов, уровень антропогенно-техногенных нагрузок, химико-аналитический состав почв и

растений сравнивались по средним арифметическим (медианным) величинам, ценотическая характеристика растительности – по наиболее часто встречающимся на пробных площадях (модальным) значениям. Абсолютная встречаемость древесных видов рассчитывалась как отношение числа площадей с присутствием вида к общему числу пробных площадей (%), относительная встречаемость (доля участия) – как отношение абсолютной встречаемости вида к сумме встречаемости на пробной площади всех видов (%). Формула древостоя была выведена по общему составу видов в сравниваемых типах насаждений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований установлено, что древесно-кустарниковые ярусы фитоценозов ЛТ сформированы 34 видами деревьев, 38 видами кустарников и лиан, ЛП – 26 и 27 видами, соответственно. В геоботанических описаниях травянистого яруса ЛТ отмечено 125 видов, относящихся к 43 семействам, ЛП – 133 вида из 40 семейств. Видовая насыщенность по ярусам растительных сообществ в сравниваемых типах насаждений соответствует следующим средним арифметическим значениям в пересчете на одну пробную площадь:

	ЛТ	ЛП
Деревья (видов/экземпляров)	6.0/19.8	4.2/15.5
Кустарники (видов)	6.7	5.1
Травянистые растения (видов)	34.5	31.7

В составе флоры обследованных нами дубовых лесов представлены 38 видов деревьев, 36 видов кустарников, 4 вида лиан и около 200 видов наиболее распространенных травянистых растений. Для сравнения отметим, что Н.Б. Прохоренко с соавт. (Прохоренко, 1999; Прохоренко и др., 1996) указывают для флоры лесов полуострова Муравьев-Амурский 49 видов деревьев, 36 – кустарников, 6 – лиан и 335 – кустарничков, полукустарничков и трав. Д.П. Воробьев (1982) включил в “Определитель сосудистых растений окрестностей Владивостока” (с прилегающими островами Русский и Попов) 1184 вида, в том числе 57 видов деревьев, 53 – кустарников, 3 – кустарничков и 10 – деревянистых лиан.

Всем обследованным нами дубовым сообществам присуща полидоминантность состава древесного яруса и значительное видовое разнообразие травостоя. Это характерно для обоих территори-

ально выделенных нами типов насаждений, что подтверждают приведенные ниже обобщенные характеристики их состава и структуры.

Древесный ярус фитоценозов ЛТ образован дубом монгольским (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) – Дм (абсолютная встречаемость на пробных площадях – 100%, относительная встречаемость – 8%), грабом сердцевидным (*Carpinus cordata* Blume – Г (95 и 8% соответственно), березой даурской (*Betula davurica* Pall.) – Бд (71 и 6%), липой амурской (*Tilia amurensis* Rupr.) – Ла (52 и 5%), калопанаксом семилепестным (*Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz.) – К (71 и 6%), кленом моно (*Acer mono* Maxim.) – Км (76 и 7%), липой маньчжурской (*T. mandshurica* Rupr.) – Лм (43 и 4%), бархатом амурским (*Phellodendron amurense* Rupr.) – Б (38 и 16%), кленом зеленокорым (*A. tegmentosum* Maxim.) – Кз (33 и 3%), ильмами японским (*Ulmus japonica* (Rehd.) Sarg.) – Ия (33 и 3%) и лопастным (*U. laciniata* (Trautv.) Mayr) – Ил (43 и 4%).

Формула древостоя по общему составу для 26 пробных площадей ЛТ: **6Дм 2Ла 1Бд 1Г + К, Км, Ия (Лм, Б, Кз)**. Средняя сомкнутость древесного яруса – 0.6. Сомкнутость кустарникового яруса сильно варьирует по пробным площадям (0.2–0.9), но преобладает сомкнутость 0.4. Доминантами в нем выступают леспедца двуцветная (*Lespedeza bicolor* Turcz.) и лещина маньчжурская (*Corylus mandshurica* Maxim.) Часто встречаются также чубушник тонколистный (*Philadelphus tenuifolius* Rupr. et Maxim.), бересклет малоцветковый (*Euonymus pauciflora* Maxim.), свободнаягодник колючий (*Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.) Maxim.), виды рода жимолость (*Lonicera* L.) и др.

Среднее проективное покрытие травянистого яруса – 56% с варьированием по пробным площадям от 25 до 90%. Наибольшая абсолютная встречаемость характерна для осоки ржавопятнистой (*Carex siderosticta* Hance) – 75%, полыни побегоносной (*Artemisia stolonifera* (Maxim.) Kom.) – 63%, железистостебельника гималайского (*Adenocaulon himalaicus* Edgew.) и майника среднего (*Maianthemum intermedium* Worosch.) – по 56%, горошка однопарного (*Vicia unijuga* A. Br.) – 50%. По степени проективного покрытия доминируют папоротники – до 50% на отдельных пробных площадях; высокое проективное покрытие (15–20%) отмечено также у следующих видов: осока ржавопятнистая, полынь побегоносная, косогорник Татаринова (*Prenanthes tatarinowii* Maxim.), деллингерия шершавая (*Doellingeria scabra* (Thunb.) Nees), калужница

Таблица 1. Жизненное состояние доминантов дубовых лесов полуострова Муравьев-Амурский

Вид растений	Лесопарк типичный					Лесопарк приграничный				
	ИС*, %	категория состояния, % от суммы пробных площадей				ИС, %	категория состояния, % от суммы пробных площадей			
		I	II	III	IV		I	II	III	IV
Бархат амурский	55	—	50	50	—	43	—	25	75	—
Береза даурская	39	—	40	40	20	58	—	86	14	—
Б. плосколистная	—	—	—	—	—	70	50	50	—	—
Граб сердцевидный	61	—	75	25	—	67	—	100	—	—
Дуб монгольский	43	—	25	75	—	53	—	50	50	—
Ильм лопастной	50	—	67	33	—	—	—	—	—	—
И. японский	53	—	67	33	—	49	—	33	67	—
Калопанакс семилопастной	60	—	80	20	—	53	—	100	—	—
Клен ложнозибольдов	40	—	—	100	—	70	—	100	—	—
К. моно	42	—	33	50	17	58	—	80	20	—
Липа амурская	57	—	80	20	—	67	17	83	—	—
Л. маньчжурская	53	—	100	—	—	65	—	100	—	—
Сосна корейская	60	—	100	—	—	67	—	100	—	—

*градации индекса состояния (ИС) см. в тексте.

лесная (*Caltha silvestris* Worosch.), лесной мак весенний (*Hylomecon vernalis* Maxim.).

Древостой ЛП близок по составу к ЛТ, отличаясь долей участия видов в его структуре и их соотношением: дуб (100% по абсолютной и 10% по относительной встречаемости), липа амурская (69 и 7%), граб (31 и 3%), березы даурская (46 и 5%) и плосколистная (*B. platyphylla* Sukacz.) – **Бп** (23 и 3%), клен моно (54 и 6%), ильм японский (54 и 6%).

Формула древостоя по общему составу (для 16 пробных площадей.): **5Дм 2Ла 2Г 1Бд + Бп, Км, Ия**. Средняя сомкнутость – 0.5, но варьирует по пробным площадям существеннее, чем в ЛТ: от 0.2 до 0.7. В кустарниковом ярусе доминируют те же виды, что и в ЛТ, но с малой сомкнутостью (0.2) и, как правило, куртинным или единично-точечным распространением по площади. Травостой же характеризуется более высоким по сравнению с ЛТ проективным покрытием (72%) и большим участием в его составе синантропных видов. Доминирует в нем по абсолютной встречаемости осока ржавопятнистая (100%). Часто встречаются также (на 80–90% пробных площадей) следующие виды: железистостебельник, полынь побегоносная, фритта азиатская (*Phryma asiatica* (Hara) Probat.), амфикарпея японская (*Amphicarpea japonica* (Oliv.) B. Fedtsch.), подлесник китайский (*Sanicula chinensis* Bunge) и др. По степени проективного покрытия преобладают осоки (*C. siderosticta*, *C. bostrychostigma* Maxim.,

C. arnellii Christ) – до 30–50%, железистостебельник – 15–50%, деллингерия – 7–15%.

Влияние процессов рекреации в первую очередь выразилось в обеднении видового состава древесно-кустарниковых ярусов ЛП (примерно в 1.4 раза) и уменьшении их сомкнутости вплоть до полного выпадения кустарникового яруса (на 75% пробных площадей), а также в существенном снижении численности подроста и всходов (до 50% и более). Прослеживается некоторая тенденция к снижению фитоценотической значимости дуба. Одновременно наблюдается обогащение травостоя за счет синантропных видов и увеличение их доли в общем видовом составе от 15% в ЛТ до 41% в ЛП. Степень антропогенной трансформации травянистых ярусов сравниваемых типов насаждений при этом возрастает от I (слабой) стадии в ЛТ до II (умеренной) стадии по флористической и III (средней) стадии по ценотической составляющим растительности.

Жизненное состояние древостоя по средним показателям для большинства видов соответствует категории поврежденных (ослабленных) видов и насаждений (табл. 1) и не имеет четко выраженных различий между сравниваемыми типами насаждений. Для некоторых видов, в том числе дуба монгольского, наблюдается даже незначительное повышение жизненного статуса в насаждениях ЛП, в меньшей степени подверженных антропогенно-техногенному прессу. По нашему мнению, это скорее всего обусловле-

Таблица 2. Интенсивность антропогенно-техногенных нагрузок на лесные экосистемы лесопарковой зоны г. Владивостока

Показатель антропогенно-техногенных нагрузок	Тип насаждения	Статистические параметры					
		<i>n</i>	<i>M</i>	$\pm m$	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>C.V.</i>
Интенсивность движения пешеходов, чел. ч ⁻¹	ЛП	7	21.4	9.1	0.6	57	112
	ЛТ	7	3.4	1.4	0	9.8	112
Интенсивность движения транспорта, ед. ч ⁻¹	ЛП	3	3.7	—	0.5	6.9	—
	ЛТ	1	<1.0	—	—	—	—
Густота дорожно-тропиночной сети, %	ЛП	11	39.5	4.2	5	60	36
	ЛТ	7	31.1	6.8	5	55	58
Захламленность территории, %	ЛП	10	44.0	3.8	20	60	27
	ЛТ	6	26.3	8.3	0	60	78
Задерненность почвы, %	ЛП	10	80.8	3.5	70	100	14
	ЛТ	6	73.3	5.7	50	90	19
Плотность сложения твердой фазы почвы, г см ⁻³	ЛП	30	2.18	0.04	1.4	2.6	13
	ЛТ	34	2.25	0.01	1.7	2.6	10
Плотность сложения почвы, г см ⁻³	ЛП	11	0.60	0.04	0.4	0.9	24
	ЛТ	7	0.51	0.01	0.5	0.6	7
Порозность почвы общая, %	ЛП	11	73.9	1.5	64.6	81.3	7
	ЛТ	7	76.6	0.5	74.6	78.6	2

Примечание: ЛП – лесопарк приграничный, ЛТ – лесопарк типичный, *n* – величина выборки, *M* – среднеарифметическое значение, *m* – ошибка среднего, *min*, *max* – крайние значения варианта, *V.C.*, % – коэффициент вариации.

но более оптимальной возрастной структурой древостоя, связанной преимущественно с более или менее регулярными мерами ухода за насаждениями, прилегающими к городской черте. Из опыта ряда исследователей (Полякова, 1979; Скрипальщикова, 2008; и др.) также известно, что древостой при рекреационном воздействии проявляет несколько большую устойчивость по сравнению с другими структурными единицами фитоценозов и медленнее реагирует на негативные антропогенные процессы.

Согласно шкале стадий рекреационной дигрессии дубняков А.П. Добрынина (2000), большинство обследованных нами дубовых сообществ ЛТ, в основном, соответствуют I стадии (нормально развивающихся насаждений), ЛП – II стадии (насаждений, находящихся на границе устойчивости). Однако ряд сообществ ЛТ вполне могут быть отнесены по их жизненному статусу, степени трансформации и интенсивности воздействующих на них рекреационных нагрузок к промежуточной I–II, а ЛП – II–III стадии дигрессии.

По мере приближения к границе города наблюдается возрастание антропогенно-техногенного пресса на лесные экосистемы. Наиболее существенные превышения при этом (табл. 2) отмечены для потока транспорта (более чем на порядок) и пешеходов (свыше 6 раз). Значительно возрастает также замусоренность территории (в 1.7 раза), густота дорожно-тропиночной сети (в 1.3 раза),

в меньшей степени – плотность сложения почвы (в 1.2 раза).

Физические показатели почв лесопарка также свидетельствуют о рекреационном прессе, негативно воздействующем на обследованные лесные экосистемы. Так, по сравнению с почвами лесов Уссурийского заповедника с близкими природными условиями почвы лесопарка приграничного более уплотнены как по показателю плотности сложения, так и по величине общей пористости, особенно по их максимальным значениям (Москаев, 1979; Манько и др., 2010).

Объективным количественным индикатором уровня техногенного пресса, испытываемого экосистемами, является содержание тяжелых металлов в растениях и почвах. Судя по полученным нами данным (табл. 3), почвы полуострова Муравьев-Амурский по сравнению с кларками почв мира (Виноградов, 1957; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989) и бывшего СССР (Ильин, 1991) обогащены Co (до 4 раз), Pb (до 2.5 раз), Cd и Zn (до 1.5–2 раз). По сравнению с региональным кларком почв Российского Дальнего Востока (Голов, 2002) они также характеризуются повышенным содержанием Co, Cd, Zn (до 1.6 раз). Зафиксированные максимальные концентрации этих элементов в почвенном покрове лесопарковой зоны составили (мг кг⁻¹ сухого вещества почвы): для Zn – 245.1, Pb – 75.7, Co – 42.8, Cd – 2.8. В то же время почвы полуострова до 1.5–2 раз беднее

Таблица 3. Среднее содержание тяжелых металлов в растениях и почвах дубняков лесопарковой зоны г. Владивостока

Анализируемая фракция растений/почв	Тип насаждений*	Среднее содержание химических элементов (мг · кг ⁻¹ сухого вещества)							
		Pb	Ni	Co	Cd	Zn	Cu	Mn	Fe
Хвоя деревьев	ЛП	3.39	1.40	0.76	0.28	36.88	3.45	148.8	117.4
	ЛТ	1.82	1.20	0.82	0.27	27.38	2.33	156.2	72.0
Листья деревьев	ЛП	4.68	2.05	0.83	0.54	49.32	6.96	176.9	203.7
	ЛТ	3.88	1.71	0.99	0.56	48.46	6.58	173.2	125.0
кустарников	ЛП	9.16	2.65	1.42	0.81	31.84	6.66	120.2	311.4
	ЛТ	8.10	2.48	1.81	1.26	32.35	6.36	164.0	160.3
Среднее содержание в древесных видах	ЛП	6.64	2.29	1.09	0.65	35.38	6.66	139.3	246.8
	ЛТ	6.08	2.07	1.43	0.91	30.40	6.44	148.7	138.0
Укосная фитомасса трав	ЛП	7.40	3.97	1.32	0.83	49.22	6.90	77.0	304.5
	ЛТ	7.23	2.99	1.16	0.94	38.55	6.19	103.1	230.1
Поверхностные горизонты почвы (0–20) см	ЛП	41.15	33.81	24.63	1.30	108.05	15.09	658.5	28568
	ЛТ	22.71	39.18	29.07	1.00	111.24	14.79	698.7	28415

* Обозначения см. табл. 2.

типичными биогенными элементами – Mn и Cu – относительно как региональных, так и мировых средних показателей их микроэлементного состава. В этом проявилась эколого-геохимическая специфика почв исследуемой территории. Близость городской агломерации вносит свои коррективы в геохимический состав и свойства почвенного и растительного покрова полуострова.

Негативное влияние процессов урбанизации и связанного с ними антропогенно-техногенного пресса в наибольшей степени выразилось в прогрессирующем накоплении по мере приближения к границе города биотическими компонентами лесных экосистем пригородной зоны металлов – загрязнителей урбоэкосистем Владивостока. К ним по результатам наших исследований относятся Pb, Zn, Cu, Fe, Ni, в почвах – также Cd (Шихова, 2013). Об этом свидетельствуют данные табл. 3 и коэффициенты концентрации (K_k) тяжелых металлов, рассчитанные как отношение содержания металла в растениях ЛП к аналогичной величине в растениях ЛТ, условия которого соответствуют локальному экологическому фону (ЛЭФ).

Наиболее высокие, статистически достоверные показатели концентрации ($K_k = 1.3–1.9$) установлены по железу для всех жизненных форм растений, за исключением травянистых. Лучшие же аккумулятивные способности к металлам отмечены у хвойных древесных растений. Коэффициент концентрации Pb у них достигает значения 1.9, Fe – 1.6, Cu – 1.5, Zn – 1.3, Ni – 1.2. Повышенное содержание металлов в хвое деревьев в наиболь-

шей степени обусловлено их многолетним (как минимум, 2–3 года) накоплением. Для лиственных деревьев, кустарников и трав наблюдается, как правило, лишь некоторая тенденция к накоплению тяжелых металлов по мере приближения к границам города ($K_k \leq 1.2$). Исключением является почти 2-кратное превышение содержания Fe в листьях кустарниковых видов и повышенное содержание Ni, Zn и Fe ($K_k = 1.3$) в фитомассе травостоя, у которых существенную роль в общем балансе химических элементов играет почвенная составляющая.

Для растений ЛП был рассчитан также показатель суммарной концентрации металлов (Z_c), образующих ассоциативную группу основных элементов-загрязнителей урбофитоценозов Владивостока (Pb, Ni, Zn, Cu, Fe), по формуле: $Z_c = \sum K_k - (n - 1)$, где K_k – коэффициенты концентрации >1 , n – число накапливаемых элементов (Сает, 1982).

Для растений разных жизненных форм Z_c , судя по среднестатистическим величинам, был невысоким (до 1.5 раз выше ЛЭФ) и соответствовал у лиственных деревьев и укосной фитомассы трав значению 2.1, у кустарников – 2.2, у хвойных деревьев – 3.5. Гораздо более существенные величины Z_c получены при анализе видовой геохимической специфики растений в накоплении этой группы металлов. Так, из 41 вида, встречающегося в обеих выделенных нами лесопарковых зонах, 35 видов деревьев и кустарников приграничной зоны лесопарка (85% состава) в той или

иной мере накапливают металлы-загрязнители городской среды и растительности. Максимальные же значения показателя суммарной концентрации металлов (в 3 и более раз превышающие уровень ЛЭФ) отмечены у *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. ($Z_c = 19.3$), *Salix caprea* L. (16.3), *Maackia amurensis* Rupr. et Maxim. (12.9), *Padus maximowiczii* (Rupr.) Sokolov (10.2). До 1.5–2 раз выше экологического фона накапливают эту группу металлов также *Betula platyphylla* ($Z_c = 6.2$), *Rubus sachalinensis* Lévl. (5.1), *Abies holophylla* Maxim. (4.9), *Crataegus maximowiczii* C.K.Schneid. (4.9), *Ribes mandshuricum* (Maxim.) Kom. (4.9), *Malus mandshurica* (Maxim.) Kom. (4.3), *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br. (3.5), *Kalopanax septemlobus* (3.4), *Aralia elata* (Miq.) Seem. (3.3), *Tilia amurensis* (3.2) и др. Некоторые из этих видов вполне могут быть использованы в качестве индикаторов при организации экологического мониторинга состояния пригородных лесов Владивостока.

Интересно отметить, что показатель суммарного накопления металлов – загрязнителей у дуба монгольского – основного лесообразователя пригородной зоны – был невысоким ($Z_c = 2.6$), что вполне согласуется с выводами, полученными нами на основе многолетнего мониторинга зеленых насаждений селитебной зоны Владивостока (Шихова, Полякова, 2006; Шихова, 2012; Shikhova, 2012). По результатам этих исследований, в частности, дуб был отнесен к группе видов, среднеустойчивых к антропогенно-техногенному прессу и умеренно (средне) накапливающих в ассимиляционных органах тяжелые металлы в условиях урбанизированной среды.

Противоположная закономерность обнаружена в поглощении растениями Co и Cd (табл. 3). Их содержание в листьях деревьев и кустарников было, как правило, выше в растениях типичного лесопарка, то есть в природных условиях, соответствующих ЛЭФ. Такая особенность наиболее ярко проявилась в поглощении Cd кустарниками, у которых установлено достоверное различие в его содержании между выборками растений сравниваемых лесопарковых насаждений. В этом, вероятно, в наибольшей степени выразилось суммарное действие специфики геохимического состава почвообразующих пород и почв полуострова и избирательная способность растений разных жизненных форм к поглощению элементов. Кустарники, в отличие от травянистых растений, имеют, как правило, более мощную корневую систему, существенно увеличивающую зону поглощения элементов, особенно в глубину. В то же время под пологом леса они в меньшей степени,

чем деревья, подвержены аэротехногенному загрязнению. В результате этого многие кустарниковые виды способны наиболее адекватно отражать эколого-химические условия ненарушенных или слабо нарушенных лесных экосистем, как правило, соответствующие региональному экологическому фону.

В результате исследований лесопарковых насаждений было также установлено, что по мере приближения к границе города возрастает содержание в почве свинца ($K_k = 1.8$) и кадмия (1.3). Эти металлы являются основными маркерами степени техногенного загрязнения почвенного покрова урбанизированной территории Владивостока (Шихова, 2013; и др.). Повышенное содержание Pb и Cd в почвах ЛП, вероятно, в наибольшей степени обусловлено суммарным действием геохимической специфики подстилающих коренных пород, обогащенных этими металлами, и техногенного воздействия городской агломерации. Было установлено также возрастание до 1.5 раз вниз по профилю почв содержания Co, Cd и Ni и аккумуляция в верхних горизонтах почв Pb и типичных биогенных элементов – Cu и Mn.

В целом полученные нами данные согласуются с результатами других исследователей, в разное время изучавших антропогенную динамику растительного покрова полуострова Муравьев-Амурский под влиянием процессов рекреации (Иванов и др., 1969; Селедец, 1978; Гусаченко и др., 1989; Добрынин, 2000; Осипов, Головина, 2012; и др.). Н.Б. Прохоренко – автор последней по времени крупномасштабной геоботанической карты полуострова, отражающей современное состояние его растительности, называет в качестве основных негативных факторов, воздействующих на состояние лесов территории, систематические пожары и нерегулируемую рекреацию. Ещё в 80–90-е годы XX века дальневосточными учеными (Селедец, 1978; Журавков, Добрынин, 1986) был предложен целый ряд мероприятий, направленных на повышение устойчивости лесопарковых насаждений и оптимизацию экологического состояния лесных рекреационных территорий полуострова. Они, в частности, предусматривали организацию стабильных маршрутов передвижения отдыхающих, временное исключение сильно нарушенных и ослабленных фитоценозов из сферы пользования при одновременном проведении ухода за почвой, а также меры дифференцированного подхода при уходе и реконструкции насаждений с учетом стадии дигрессии и др. К сожалению, по целому ряду объективных и субъективных причин эти рекомендации не были в свое время востребованы

и воплощены в лесопарковое хозяйство города. И в настоящее время все эти проблемы сохраняют свою актуальность и требуют их практического решения.

Заключение. Выполненные комплексные исследования лесных экосистем зеленой зоны Владивостока свидетельствуют об испытываемом ими антропогенно-техногенном прессе и негативном влиянии на растительный и почвенный покров процессов рекреации и урбанизации.

По мере приближения к границе города весьма существенно возрастает уровень рекреационных нагрузок, при этом наиболее значимо – по потоку транспорта (более чем на порядок) и рекреантов (в 6 раз и выше). Заметно увеличивается захламленность и вытоптанность территории, происходит уплотнение поверхностного горизонта почв. При нарастании антропогенно-техногенных нагрузок и процессов урбанизации отмечаются признаки деградации растительного покрова. В частности, снижается видовое разнообразие древесно-кустарниковых ярусов растительных сообществ и происходят изменения в структуре ценоэлементов травостоя за счет сокращения лесной группы при существенном возрастании луговой и адвентивной групп. Доля синантропных видов в травостое увеличивается почти в 3 раза. Одновременно наблюдается некоторая тенденция к ослаблению эдификаторной роли дуба в фитоценозах, а также происходит сильное изреживание кустарникового яруса и подавление процессов возобновления. Справедливости ради следует заметить, что на процессы возобновления растительности негативное влияние, помимо рекреационных нагрузок, оказывают также и периодические пожары.

Влияние процессов урбанизации наиболее ярко проявилось в прогрессирующем накоплении почвами и растениями ЛП металлов-загрязнителей городской среды. Так, содержание в почвах Pb и Cd – основных маркеров техногенного загрязнения почвенного покрова урбоэкосистем Владивостока – по мере приближения к границе города возрастает в 1.5–2 раза. До 1.5 раз, в среднем, увеличивается и суммарное накопление растениями разных жизненных форм ассоциативной группы элементов-загрязнителей городских зеленых насаждений – Pb, Ni, Zn, Cu, Fe.

Изучение биогеохимической специфики целого спектра видов деревьев и кустарников в накоплении тяжелых металлов в условиях локального экологического фона (ЛТ) и при возрастающих антропогенно-техногенных нагрузках

(ЛП) позволило установить виды-индикаторы техногенного пресса и виды, способные активно аккумулировать металлы-загрязнители окружающей среды.

Для оптимизации современного экологического состояния лесопарковых насаждений полуострова Муравьев-Амурский необходимо, во-первых, организовать многолетний мониторинг лесных экосистем на основе имеющейся научной базы. Кроме того, желательно практикам пригородного лесного хозяйства Владивостока вернуться к предложенным ранее мерам оптимизации экологического состояния лесопарковых насаждений. На наш взгляд, в числе первоочередных задач следует наладить действенную охрану лесов от пожаров, провести очистку территории от мусора, обустроить дорожно-тропиночную сеть и места для костровищ, отрегулировать поток рекреантов и транспортных средств, а также организовать экологическое просвещение населения. Последнее в какой-то мере осуществляет в настоящее время Ботанический сад-институт ДВО РАН г. Владивостока.

Кроме того, в связи с высоким экологическим, эстетическим и постоянно возрастающим рекреационным значением лесов полуострова, а также природоохранным значением встречающихся в них редких видов и сообществ растений и объектов, причисленных к памятникам природы (Селедец, 2000), было бы разумно вернуться к высказанной ранее идее создания на полуострове природного или национального парка. Это помогло бы сохранить для потомков генофонд редких и эндемичных видов, а также уникальные сохранившиеся “зеленые островки” девственных хвойно-широколиственных лесов полуострова Муравьев-Амурский.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агрофизические методы исследования почв. М.: Наука, 1966. 257 с.
- Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
- Будищев А.Ф. Описание лесов южной части Приморской области // Сборник важнейших официальных документов по управлению Восточной Сибирью. 2 изд. Хабаровск, 1898. Т. V. Вып. 1. 488 с.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.Ф. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. 2 изд. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 239 с.

- Воробьев Д.П. Определитель сосудистых растений окрестностей Владивостока. Л.: Наука, 1982. 254 с.
- Голов В.И. Микроэлементный состав почв Приморья // Характеристика агроземов Приморья. Уссурийск: ДВО ДОП РАН, 2002. С. 145–155.
- Горчаковский П.Л., Телегова О.В. Сравнительная оценка уровня синантропизации растительного покрова особо охраняемых природных территорий // Экология. 2005. № 6. С. 403–408.
- Гусаченко А.Ю., Добрынин А.П., Саболдашев С.А. Динамика низших ярусов растительности дубняков в рекреационной зоне г. Владивостока // Некоторые аспекты рекреационных исследований и зеленого строительства: Сб. статей, Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 43–52.
- Добрынин А.П. Дубовые леса Российского Дальнего Востока (биология, география, происхождение). Владивосток: Дальнаука, 2000. 260 с.
- Журавков А.Ф., Добрынин А.П. Рекреационное лесопользование в дубравах зеленой зоны Владивостока // Лесн. хоз-во. 1986. № 12. С. 53–55.
- Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.
- Иванов Г.И., Журавков А.Ф. Почвы пригородных лесов Владивостока // Итоги изучения лесов Дальнего Востока: Сб. статей. Владивосток: ДВФ СО АН СССР, 1967. С. 72–74.
- Иванов Г.И., Журавков А.Ф., Хохлюк А.П. Лесорастительные свойства почв лесопарковой зоны Владивостокского лесхоза // Ученые записки Дальневосточного гос. ун-та, Сер. почвенно-ботаническая. 1969. Т. 25. С. 99–120.
- Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва–растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
- Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования). М.: Лесн. пром-сть, 1977. 96 с.
- Карпионов Р.А. Дубравы лесопарковой зоны Москвы. М.: Наука, 1967. 103 с.
- Колесников Б.П. Растительность // Дальний Восток: Физико-географическая характеристика. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 183–245.
- Лесной план Приморского края на 2009–2018 гг. (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // Документы / Приморский край: офиц. сайт администрации края. URL: <http://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/forestry/docs.php>
- Лесохозяйственный регламент Владивостокского лесничества Управления лесным хозяйством Приморского края на 2011–2019 гг. (с изменениями и дополнениями). Владивосток. 2011 [Электронный ресурс] // Владивостокское лесничество / Приморский край. URL: http://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/forestry/documents/proekt_vlad.pdf
- Ливеровский Ю.А. Почвы СССР. Географическая характеристика. М.: Мысль, 1974. 461 с.
- Манько Ю.И. Лесное дело на Российском Дальнем Востоке (1859–1922). Владивосток: Дальнаука, 2011. 383 с.
- Манько Ю.И., Кудинов А.И., Гладкова Г.А., Жабыко Е.В., Бутовец Г.Н., Орехова Т.П. Леса заповедника “Уссурийский” (мониторинг динамики). Владивосток: Дальнаука, 2010. 224 с.
- Москаев А.П. Водно-физические свойства почв Уссурийского заповедника им. академика В.Л. Комарова // Влагодобор и микроклимат лесных биогеоценозов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 23–42.
- Осинов С.В., Головина Л.А. Прикостровые поляны в пригородных лесах Владивостока // Лесоведение. 2012. № 3. С. 77–81.
- Полякова Г.А. Рекреация и деградация лесных биогеоценозов // Лесоведение. 1979. № 3. С. 70–80.
- Полякова Г.А., Малышева Т.В., Флеров А.А. Антропогенные изменения широколиственных лесов Подмосковья. М.: Наука, 1983. 120 с.
- Прокопьев Е.П., Рыбина Т.А., Мерзлякова И.Е. Программа и методика исследований флоры сосудистых растений особо охраняемых территорий г. Томска // Вестник Томского ун-та. 2009. № 322. С. 243–247.
- Прохоренко Н.Б. Растительный покров полуострова Муравьев-Амурский: Автореф. дис. ... канд. биол. наук (спец. 03.00.05). Владивосток: Биолого-почвенный ин-т ДВО РАН, 1999. 24 с.
- Прохоренко Н.Б., Гумарова Р.Р., Верхолат В.П. Флористическая классификация лесов полуострова Муравьев-Амурский // Комаровские чтения. 1996. Вып. 42. С. 79–100.
- Саев Ю.Е. Геохимическая оценка техногенной нагрузки на окружающую среду // Геохимия ландшафтов и география почв. М.: Изд-во Московского ун-та, 1982. С. 84–100.
- Селедец В.П. Антропогенная динамика травяного покрова дубняков лесопарка Владивостока // Актуальные вопросы охраны природы на Дальнем Востоке: Сб. статей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 38–43.
- Селедец В.П. Антропогенная динамика растительного покрова Российского Дальнего Востока. Владивосток: Тихоокеанский ин-т географии ДВО РАН, 2000. 148 с.
- Скрипальщикова Л.Н. Экологические проблемы пригородных лесов // География и природные ресурсы. 2008. № 1. С. 50–54.
- Технико-экономическая характеристика (паспорт) города Владивостока по состоянию на 01.01.2008. Приложения 7, 8 // Город в цифрах / Владивосток: офиц. сайт администрации города. URL: <http://old.vlc.ru/digits/2007/EconomicsTabs/index.htm>

Шихова Н.С. Некоторые закономерности в накоплении свинца растениями в условиях урбанизации (на примере г. Владивостока) // Сибирский экологический журнал. 2012. № 2. С. 285–294.

Шихова Н.С. Экологическое состояние почв и зеленых насаждений Владивостока // Экология урбанизированных территорий. 2013. № 1. С. 97–102.

Шихова Н.С., Полякова Е.В. Деревья и кустарники в озеленении города Владивостока. Владивосток: Дальнаука, 2006. 236 с.

Shikhova N.S. Some regularities in the accumulation of lead in urban plants (by example of Vladivostok) // Contemporary problems of ecology (Сибирский экологический журнал). 2012. V. 5. N. 2. P. 215–222.

Integral assessment of the forests of Vladivostok green belt

N. S. Shikhova

Biology and Soil Science Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences 100-let-Vladivostoku ave. 159, Vladivostok, 690022

E-mail: shikhova@ibss.dvo.ru

Received 25 december 2012

The integral environmental and biological assessment of the current state of the suburban green belt of Vladivostok is considered. The species and coenotic composition of vegetation, the level of anthropogenic transformation, the levels of recreational and technogenic loads on the forest ecosystems were studied. The progressive negative impact of the urbanization and recreation on the environmental status of vegetation and soil cover was found to be more pronounced along the gradient towards the city margins. The measures to optimize the status of the forest-park plantations of the green belt of Vladivostok are proposed.

Forest-park plantation, anthropogenic transformation of vegetation, monitoring of the state of suburban forest ecosystems, recreation.