

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 581.1

DOI: 10.15350/2306-2827.2017.2.58

УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДА НИЖНЕКАМСКА

Н. Е. Серебрякова, М. А. Карасева, В. Н. Карасев, Е. А. Медведкова, Ю. В. Граница

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 4240000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: serebryakovane@volgatech.net

Приведены результаты комплексных исследований по устойчивости древесно-кустарниковых насаждений различных по уровню техногенного загрязнения зон города Нижнекамска: промышленной и санитарно-защитной зон Нижнекамского нефтеперерабатывающего узла (НПУз), городских посадок, контрольных участков, максимально удалённых от НПУз. На основе анализа импеданса прикамбиального комплекса тканей ствола и активности фермента каталазы в листовых пластинках выявлены наиболее устойчивые к нефтегазовому загрязнению виды, даны рекомендации по совершенствованию мониторинга состояния зелёных насаждений путём введения видов-индикаторов степени техногенного воздействия.

Ключевые слова: техногенное загрязнение; Нижнекамский нефтеперерабатывающий узел (НПУз); зелёные насаждения; активность фермента каталазы; импеданс прикамбиального комплекса тканей; жизненное состояние; устойчивость.

Введение. Город Нижнекамск – один из центров нефтеперерабатывающих производств Республики Татарстан. По загрязнению воздушного бассейна нефтепереработка и нефтехимия занимают четвёртое место среди других отраслей промышленности. Преобладают в атмосферных выбросах углеводороды, количество которых составляет 53–60 %. Углеводороды С1–С4 предельного и непредельного ряда, имеющие наибольший удельный вес в общем выбросе нефтехимических предприятий, не обладают большой токсичностью [1]. Однако углеводороды принимают активное участие в образовании биологиче-

ски активных веществ, наносящих вред биоте. Следует учитывать, что растительность обладает избирательной способностью по отношению к вредным примесям и, в связи с этим, обладает различной устойчивостью к ним. К одним из наиболее опасных для жизнедеятельности растений веществ, эмитируемым в атмосферу Нижнекамским нефтеперерабатывающим узлом, относят диоксид серы (ангидрид сернистый), диоксид азота, оксиды углерода и азота, метан, этен (этилен), соляную кислоту, ортофосфорную кислоту, серу, пыль неорганическую: до 20 % SiO₂, пыль абразивная (корунд белый, монокорунд).

© Серебрякова Н. Е., Карасева М. А., Карасев В. Н., Медведкова Е. А., Граница Ю. В., 2017.

Для цитирования: Серебрякова Н. Е., Карасева М. А., Карасев В. Н., Медведкова Е. А., Граница Ю. В. Устойчивость зелёных насаждений в условиях техногенного загрязнения города Нижнекамска // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 2 (34). С. 58–72. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.2.58

Нефть и продукты её распада являются сильнейшим «стрессовым» фактором для растений. У древесных растений, испытывающих влияние нефтеперерабатывающих предприятий, могут изменяться физиологические реакции, анатомия и морфология тканей и органов, их биохимия, цитогенетическая характеристика [2–3]. При этом ухудшается санитарное состояние и страдает важнейшее качество – способность выполнять средозащитные функции [4–6]. Под влиянием токсичных веществ слабеет способность выделять фитонциды, снижается ассимиляционная активность, уменьшается содержание хлорофилла, изменяется строение хлоропластов, нарушается водный режим растений, фертильность пыльцы [7–12].

В процессе адаптации к техногенному воздействию у растений происходят различные структурно-функциональные перестройки на уровне целого организма (торможение роста, опадение листьев), изменение тканей (образование «раневого паренхимы») и клеток (стабилизация мембран, переход митохондрий в «напряжённое» состояние), а также накопление различных защитных и адаптогенных соединений [13].

Несомненно, велика роль зелёных насаждений в нейтрализации и ослаблении негативных воздействий, выравнивании неблагоприятной экологической ситуации вблизи промышленных центров. Одно из основных средств оздоровления окружающей среды – создание устойчивой системы зелёных насаждений, выполняющей функцию фитофильтра и противостоящей загрязнению поллютантами, сохраняя при этом необходимые экологические функции. Природные и городские растительные комплексы города Нижнекамска несут серьёзную экологическую нагрузку и являются важными средозащитными компонентами территории, в связи с чем мониторинг их состояния на основе анализа устойчивости является актуальной задачей.

Важность выявления толерантности растений в условиях конкретного предприятия обоснована противоречиями в сведениях по общей и специфической газоустойчивости видов, приводимых в научных публикациях. Исследования в различных географических и промышленных районах показали, что устойчивость растений к загрязнению атмосферы различными вредными веществами – сложное экологическое явление. Причины различной реакции таксонов даже на один и тот же вид загрязнения воздуха могут зависеть от многих факторов: расстояния от источника эмиссий вредных примесей и их интенсивности, времени суток, климатических условий, от физико-географических условий района, обеспеченности элементами питания [14, 15].

Цель исследований – оценка устойчивости к техногенному воздействию древесных видов, произрастающих в посадках и естественных насаждениях Нижнекамска, выявление на её основе растений, способных к формированию зелёного экологического каркаса города с учётом специфики воздействия НПУз.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования являлись древесно-кустарниковые насаждения разных экологических зон: промышленной (промзоны), санитарно-защитной зоны (СЗЗ) НПУз, посадки г. Нижнекамска и посёлка Красный Ключ близ г. Нижнекамска (зона максимального удаления от НПУз). В качестве контроля использованы насаждения Ботанического сада - института Поволжского государственного технологического университета (БСИ ПГТУ), находящегося в лесопарковой зоне г. Йошкар-Олы, не испытывающие действия специфических токсикантов. Для оценки адаптации древесных видов к неблагоприятным условиям среды при техногенном воздействии информативным показателем, позволяющим оценить жизненное состояние деревьев на начальной стадии развития повреждений, когда они ещё не имеют видимых

признаков ослабления, является импеданс прикамбиального комплекса тканей (ПКТ), обусловленный состоянием водного режима данного комплекса [16]. В диагностическом плане изучение изменения уровня электрического сопротивления тканей у древесных растений является важным признаком, отражающим степень поражения продуктами нефтяного распада и дополняющим лесоводственно-таксационные и другие методы оценки [2, 3, 16, 17].

Импеданс ПКТ ствола измерялся на объектах исследования при помощи прибора Ц 4314 на частоте 500 Гц в условиях стабильно тёплой и сухой погоды. Расстояние между электродами 20,0 мм, длина активной части электродов 10,0 мм, диаметр – 1,0 мм [17].

Диагностировали устойчивость растений также и по активности фермента каталазы в листовых пластинках. Определяли её газометрическим методом в лабораторных условиях по количеству кислорода, выделяемого при разложении тестового раствора перекиси водорода в присутствии водной вытяжки фермента, полученной из опытного растительного материала [18]. Образцы для анализа (ветви с тремя годичными приростами) были взяты на объектах исследования с трёх деревьев каждого вида по три образца.

Математическую обработку экспериментальных данных производили с применением анализа показателей по выборочной совокупности, сравнение результатов – на основании показателя достоверности отличия (t_d), существенность отличий фиксировалась на уровне значимости 0,01.

Результаты исследований. Установлено, что при снижении жизнеспособности, ослаблении, возникновении заболеваний и других повреждениях электрическое сопротивление прикамбиального комплекса тканей ствола существенно повышается в сравнении со здоровыми растениями, отличия могут составлять 30 % и более [17].

Для выявления влияния техногенного загрязнения на состояние древесных ви-

дов Нижнекамска проведено сравнение величины импеданса ПКТ стволов лиственных и хвойных видов на различных участках (табл. 1, 2).

Исследования показали колебания уровня импеданса ПКТ в зависимости от видовой принадлежности и степени устойчивости к техногенному воздействию. Так, тополь бальзамический, являясь одним из наиболее газоустойчивых видов, в том числе и к загрязнению продуктами нефтепереработки, закономерно присутствует в составе насаждений санитарно-защитной зоны и городских посадках. Судя по показателям импеданса ПКТ, существенного изменения жизненного состояния данного вида на различных участках не наблюдается, импеданс ПКТ близок к контрольному значению (9,5–16,3 кОм). Однако можно отметить небольшое нарушение водного режима растений на проспекте Химиков, которое вызвано сильной омолаживающей обрезкой кроны в 2014 году. Лучшие показатели имеют санитарно-защитные рядовые посадки ($t_d = 3,06–4,05$), в городских посадках, в придорожной полосе наблюдается небольшое увеличение параметров импеданса ПКТ. Изменчивость показателя варьирует от значительной до большой ($V = 15,0–24,6$ %).

В рекомендациях по озеленению предприятий нефтеперерабатывающей промышленности часто присутствуют и другие представители семейства ивовые, особенно тополь чёрный и ива белая. Анализ единичных посадок и насаждений показал, что импеданс ПКТ тополя Советского Пирамидального' (*Populus x 'Sowietica Pyramidalis'*) (13,1–14,8 кОм), осины (*Populus tremula*) (15 кОм), тополя чёрного (*Populus nigra*), ивы белой (*Salix alba*) (13,1–16 кОм) и тополя бальзамического очень близки. Все виды – быстрорастущие деревья первой величины, имеющие сходный характер водного режима тканей. Тополь х 'Советский Пирамидальный' также устойчив в городских посадках, сравнение показателя с контролем различий не выявило ($t_d = 1,26$).

Таблица 1

**Импеданс ПКТ в стволах древесных видов
на участках с различным техногенным загрязнением**

Вид	Участок	Возраст, лет	Статистические показатели импеданса ПКТ (кОм)			
			$X_{cp} \pm m_{xcp}$	max	min	V, %
Тополь бальзамический (<i>Populus balsamifera</i>)	СЗЗ НПУз, придорожная полоса	40	15,0±1,02	23	12	22,6
	СЗЗ НПУз, рядовая посадка	50	9,5±0,70	16	8	24,6
		15	10,4±0,93	12	7	19,9
	г. Нижнекамск, пр. Химиков+	30	16,3±0,77	20	13	15,0
	г. Нижнекамск, ул. Вахитова	45	13,8±0,65	17,5	11,5	15,7
Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	40	12,5±0,26	14	11	6,9	
Берёза повислая (<i>Betula pendula</i>)	СЗЗ НПУз, придорожная полоса	30	24,5±1,24	34	18	17,5
	г. Нижнекамск, ул. Вахитова**	50	27,0±3,91	47	12	48,0
	г. Нижнекамск, ул. Гагарина***	50	34,3±3,91	65	18	41,1
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	50	23,0±0,54	26,2	20,0	8,2
Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i>)	СЗЗ НПУз, придорожная полоса	25	25,0±1,19	32	18	17,1
	г. Нижнекамск	30	19,7±4,14	56	11	66,5
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	30	17,8±0,51	20,3	15	8,6
Яблоня домашняя (<i>Malus domestica</i>)	СЗЗ НПУз, рядовая посадка**	50	39,4±3,94	70	19,5	34,6
Яблоня лесная (<i>silvestris</i>)	Промзона НПУз	30	18,8±1,64	22	16,5	15,1
Яблоня (<i>Malus sp.</i>)	г. Нижнекамск, разделительная полоса	30	23,8±3,98	70	12	64,8
	Контроль, г. Йошкар-Ола	40	19,3±0,80	22	17,5	9,3
Вяз гладкий (<i>Ulmus laevis</i>)	Промзона НПУз, вдоль дороги	60	13,7±0,88	18	9,8	20,3
	Промзона НПУз, насаждение	60	16,3±0,70	19	13,5	13,6
	г. Нижнекамск	40	20,6±2,42	30	17	26,3
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	60	17,1±0,68	20,5	13	19,3
Клён остролистный (<i>Acer platanoides</i>)	Промзона НПУз, рядовая посадка	40	21,4±0,91	28	18	14,8
	г. Нижнекамск, ул. Вахитова	40	21,0±1,45	25	18,5	13,8
	г. Нижнекамск, пр. Химиков	30	23,5±1,69	34,5	16,1	22,8
	г. Нижнекамск, ул. Гагарина	40	21,0±0,91	23	19	8,7
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	50	20,6±1,49	31	16	22,9
Клён ясенелистный (<i>Acer negundo</i>)	Промзона НПУз	12	19,2±1,30	28	14	21,4
	г. Нижнекамск	20	35,8±1,69	43	29	13,3
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	25	13,0±0,77	17,3	10,5	18,8
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i>)	Промзона НПУз	60	17,7±1,42	26,0	9,0	25,3
	г. Нижнекамск	30	25,7±0,73	27	24,5	4,9
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	60	24,8±0,93	26	23	6,5
Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i>)	Промзона НПУз	60	14,5±1,14	17,0	3,6	26,0
	г. Нижнекамск	40	10,9±0,84	18,5	8,5	24,5
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	50	12,6±1,51	25,0	9,0	38,0

** сильно ослабленная посадка

*** посадка в условиях уплотнения почвы (вытаптывание)

+ омоложение кроны в 2014 году

Ива козья (*Salix caprea*) отличается от исследованных представителей своего семейства не только жизненной формой, но и пониженным жизненным состоянием в условиях влияния НПУз, импеданс ПКТ (22,8 кОм) отличается от контрольного на 25 %, различия значимы ($t_d = 4,06$).

Берёзу повислую обычно относят к среднедымогазостойким видам, она уступает в газоустойчивости тополю, в условиях постоянного задымления нефтяными газами испытывает заметное угнетение и постепенно отмирает [2, 8]. Но есть данные и об устойчивости берёзы. Наши исследования показывают, что в условиях придорожной полосы санитарно-защитной зоны Нижнекамского НПУз электрическое сопротивление ПКТ берёзы повислой соответствует таковому в контрольном исследовании. Городские же посадки имеют признаки неблагополучия: большое варьирование ($V = 41,1-48,0$), которое свидетельствует об ослаблении отдельных деревьев, и повышенный на 15–33 % средний показатель импеданса ПКТ. Интересно, что участок с наибольшим отклонением от контроля не имеет сильных визуальных признаков ослабления, но деревья произрастают в условиях сильного уплотнения почвы, и именно оно даёт прямую взаимосвязь с ухудшением водного режима растений. В посадке на улице Вахитова, напротив, признаки ослабления наглядны, но импеданс ПКТ изменён в меньшей степени, следовательно, корневые системы работают лучше, причины ослабления могут быть во внешнем воздействии.

На 25 % выше импеданс ПКТ у рябины обыкновенной в придорожной полосе в санитарно-защитной зоне НПУз ($t_d = 5,52$), что свидетельствует о небольшом снижении жизненного состояния. В городских посадках ухудшения состояния не отмечено.

Яблони рекомендованы для озеленения городов и предприятий нефтегазовой промышленности как наиболее устойчи-

вые растения. Их видовое разнообразие отмечено на разделительной полосе одной из основных улиц г. Нижнекамска – проспекте Химиков (яблоня ягодная, яблоня сливолистная, яблоня лесная, яблоня домашняя). В связи с этим изменчивость импеданса ПКТ на этом участке очень большая ($V = 64,8$). Жизненное состояние яблони в городских посадках и промзоне – хорошее, статистически значимых отличий нет. В санитарно-защитной зоне яблоня домашняя находится в сильно ослабленном состоянии в связи с физиологическим старением, что закономерно сказывается на водном режиме и импедансе ПКТ – он увеличен в два раза в сравнении с контролем ($t_d = 9,23$). В посадке отсутствуют здоровые и условно здоровые деревья, несмотря на то, что находятся в генеративном состоянии.

Вяз голый и вяз гладкий являются аборигенными видами, произрастающими в составе широколиственных лесов, они, обычно, характеризуются как дымогазостойкие. Жизненное состояние вяза гладкого наилучшее в составе естественных насаждений в промзоне на открытом участке – вдоль дороги (импеданс ПКТ 13,7 кОм). В городе и контрольном варианте состояние деревьев хуже на 20–50 % ($t_d = 2,2-3,7$). Отличия импеданса ПКТ в городе и контрольном варианте не существенны ($t_d = 2,0$). Электрическое сопротивление тканей ствола вяза голого (17,4–18,3 кОм) близко сопротивлению вяза гладкого и также совпадает в вариантах «город» и «контроль». Следовательно, на состояние вязов оказывают воздействие не столько промышленные выбросы, сколько комплекс неблагоприятных факторов городской среды.

Сведения по поводу дымогазостойкости вяза приземистого (*Ulmus pumila*) различны. Имеются данные о низкой устойчивости вида к выбросам от сгорания отходов нефтепереработки, особенно в начальный период вегетации [15]. Городские насаждения вяза приземистого име-

ют внешние признаки ослабления, что подтверждается и увеличением импеданса ПКТ (15,5 кОм) на 32 % в сравнении с контролем, отличия статистически значимы ($t_d = 2,83$). Сильно ослаблены отдельные экземпляры ($V = 49,8$), возможно, дополнительное влияние оказывает уплотнение почвы на этом участке.

Клён остролистный обычно относят к видам средней дымогазостойкости, но выделяют его устойчивость к нефтегазовому загрязнению. Показатели импеданса ПКТ клёна остролистного на всех пробных площадях (промзона, городские объекты, контроль) статистически однородны (20,1–23,5 кОм). Клён остролистный в условиях естественного ареала в данном районе проявляет себя как устойчивый к техногенным загрязнениям и рекреационным нагрузкам вид.

Клён ясенелистный, напротив, демонстрирует низкую устойчивость как в условиях промзоны (импеданс ПКТ 19,2 кОм, отличие от контроля достоверно $t_d = 4,3$), так и к совокупности неблагоприятных факторов урбанизированной среды в городе (импеданс ПКТ 35,8 кОм, отличие от контроля и промзоны достоверно $t_d = 4,3$ –14,5). Показатели водного режима тканей растений в городской посадке хуже, чем в контроле в 2,8 раза.

Дуб черешчатый и липа мелколистная являются в исследуемом районе основными лесообразователями широколиственных лесов. Дымогазостойкость растений различна, липа рекомендуется к озеленению в качестве основного ассортимента как устойчивый вид, у дуба – не отмечают высокую дымогазостойкость в городской среде. Некоторые авторы считают виды высокоэффективными в улавливании технического углерода и устойчивыми к действию этого токсиканта (наряду с черёмухой обыкновенной, клёном остролистным, клёном татарским).

Жизненность дуба черешчатого наиболее высока в составе естественного липово-дубового насаждения промзоны

НПУз (импеданс ПКТ 17,7 кОм, отличие от городской посадки и контроля 28–3 %, достоверно $t_d = 4,6$ –5,5). Состояние вида в городских насаждениях хуже, чем в естественном массиве.

Липа мелколистная имеет хорошее состояние в городской среде (импеданс ПКТ 10,9 кОм), показатели водного режима сравнимы с контролем (импеданс ПКТ 12,6 кОм). Однако в промзоне интенсивность водного режима снижена, импеданс ПКТ выше, отличия достоверны на низком уровне значимости ($t_d = 2,6$). При этом импеданс ПКТ ствола насаждений липы в промзоне статистически однороден с показателями в естественных насаждениях контрольного участка ($t_d = 1,16$). Следовательно, липа мелколистная хорошо справляется с техногенными нагрузками урбанизированной среды. Нефтегазовое загрязнение оказывает влияние на жизненное состояние липы, однако в естественных насаждениях она всё же справляется с ним.

Интродуцент липа крупнолистная (*Tilia platyphyllos*) также устойчива в городской посадке, импеданс ПКТ (10,1 кОм) аналогичен показателю в условиях контрольного участка (10,4 кОм) и показателю импеданса липы мелколистной в тех же условиях (10,9 кОм).

Подлесочный вид широколиственного леса лещина обыкновенная (*Corylus avellana*) в условиях промзоны Нижнекамского НПУз не испытывает негативного влияния (импеданс ПКТ 50,0 кОм, отличие от контроля не обнаружено $t_d = 0,55$).

Нарушения водного режима тканей отмечены у черёмухи обыкновенной (*Padus avium*) в естественных насаждениях промзоны (импеданс ПКТ 27,7 кОм, отличие от городских посадок и контроля – 20–26 %, достоверно $t_d = 2,4$ –3,13). В условиях города Нижнекамска черёмуха устойчива (импеданс ПКТ 22,1 кОм, отличие от контроля не обнаружено $t_d = 1,17$).

Молодые посадки декоративного интродуцента конского каштана обыкновен-

ного (*Aesculus hippocastanum*) в сквере Лемаева, в целом, по показателю импеданс ПКТ сходны с другими участками и контролем (импеданс ПКТ 17,8 кОм, отличие от контроля не достоверно $t_d = 1,22$). Вид даже в процессе адаптации после посадки не обнаруживает нарушений водного режима проводящих тканей.

Интродуцент боярышник крупноколючковый (*Crataegus macracantha*) также устойчив в городской среде, импеданс ПКТ (43,5 кОм) аналогичен показателю в условиях контроля (43,1 кОм).

Как известно, хвойные растения, за некоторыми исключениями, в большей степени страдают от антропогенной трансформации атмосферы, что оказывает

влияние на их развитие и рост. Тем не менее, хвойные – обязательный компонент ассортимента городского состава зелёных насаждений. Особенно актуально это для промышленных районов, где предприятия функционируют круглогодично, а лиственные виды выполняют функции по улучшению газового состава воздуха лишь в течение вегетационного периода. Ввиду этого, выявление наиболее устойчивых хвойных видов весьма актуально для Нижнекамска, находящегося в зоне влияния нефтеперерабатывающего предприятия и имеющего недостаточное количество хвойных. Показатели импеданса ПКТ в стволах хвойных видов, характеризующие их жизнеспособность, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Импеданс ПКТ стволов хвойных древесных видов на участках с различным техногенным загрязнением

Вид	Участок	Возраст, лет	Статистические показатели импеданса ПКТ (кОм)			
			$X_{cp} \pm m_{xcp}$	max	min	V, %
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	СЗЗ НПУз	50	41,6±4,18	92,0	22,0	42,7
		15	32,8±1,48	46,0	25,0	18,6
	г. Нижнекамск	40	32,2±6,67	90,0	19,0	65,5
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	80	21,9±1,13	26,9	19,0	12,6
Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i>)	г. Нижнекамск	40	19,8±1,17	27,0	14,0	19,5
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	90	17,0±0,87	20,3	13,0	13,6
Ель европейская (<i>Picea abies</i>)	г. Нижнекамск, ск. Лемаева	20	20,0±0,72	24,5	17,0	11,4
	г. Нижнекамск, пр. Химиков	30	19,1±0,63	20,0	17,9	5,7
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	50	20,8±1,31	26,0	17,3	16,7
Ель колючая (<i>Picea pungens</i>)	г. Нижнекамск	20	18,4±0,70	22,0	15,8	12,0
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	40–50	19,0±0,73	23,1	16,5	12,1
Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i>)	г. Нижнекамск	40	34,8±1,38	38,0	29,0	9,7
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	40	25,5±1,40	32,0	20,5	14,5
Можжевельник (<i>Juniperus</i> sp.)	г. Нижнекамск	15	27,5±1,65	34,0	23,0	14,7
	Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	15	21,9±0,88	26,1	18,5	12,8

Культуры сосны обыкновенной в условиях санитарно-защитной зоны Нижнекамского НПУз уже в возрасте 40–50 лет имеют высокие показатели импеданса ПКТ (41,6 кОм), что говорит о снижении их жизнестойкости. Отличия от молодых культур санитарно-защитной зоны (импеданс ПКТ 32,8 кОм), городских посадок (импеданс ПКТ 32,2 кОм) и, особенно, насаждений контроля (БСИ г. Йошкар-Олы, импеданс ПКТ 21,9 кОм) существенны и достоверны на уровне значимости 0,05 ($td = 2,85–3,69$). Индивидуальная изменчивость данного показателя в культурах большая, весьма высокий импеданс ПКТ отдельных экземпляров (до 92 кОм) свидетельствует о наличии сильно ослабленных деревьев и необходимости принятия мер по улучшению состояния насаждения.

Молодые культуры сосны обыкновенной имеют лучшее жизненное состояние, чем средневозрастные, но худшее, чем контрольные насаждения ($td = 6,74$). Сильных колебаний состояния в посадке не наблюдается ($V = 18,6$), вероятно, негативное воздействие техногенного загрязнения сказывается постепенно.

Состояние сосны обыкновенной в возрасте 30–40 лет в городских условиях удовлетворительное (импеданс ПКТ 32,2 кОм), но жизнеспособность отдельных экземпляров сильно отличается – имеются экземпляры как сильно ослабленные, так и условно здоровые (импеданс ПКТ от 90 до 19 кОм), варьирование показателя очень большое – 65,5 %. Отличие от здоровых экземпляров БСИ г. Йошкар-Олы существенное ($td = 3,68$).

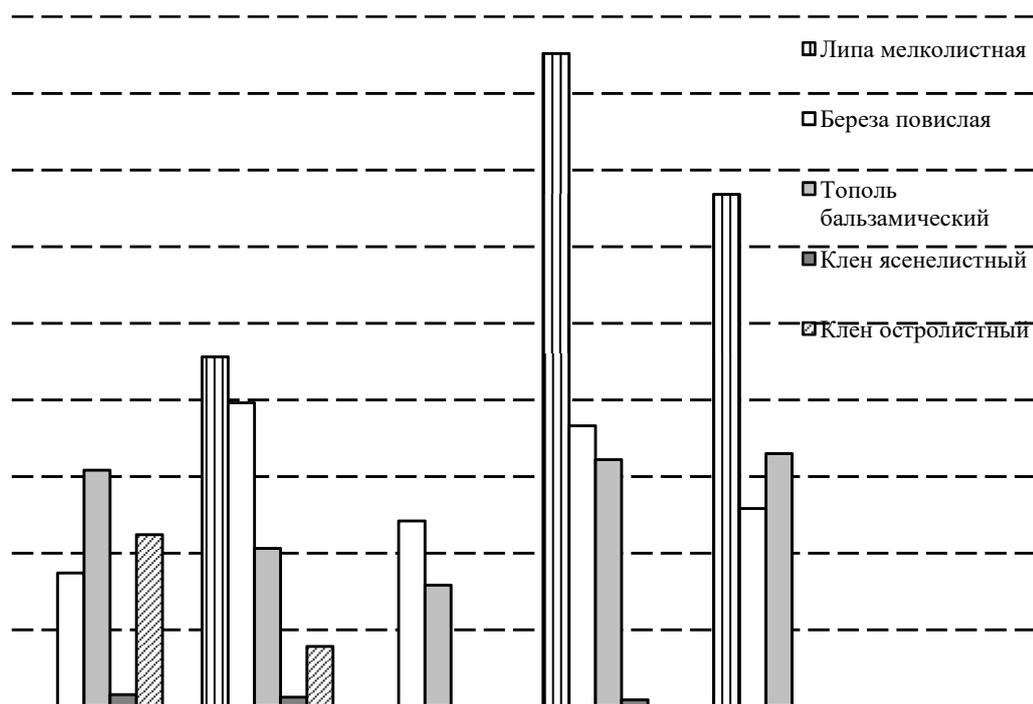
Ель европейская, ель колючая, лиственница сибирская имеют импеданс ПКТ ствола близкий к аналогичному показателю здоровых деревьев контрольного участка г. Йошкар-Олы ($td = 0,50–1,96$). Изменчивость состояния отдельных экземпляров не высокая ($V = 12,0–19,5$).

В условиях урбанизированной среды импеданс ПКТ позволяет диагностировать снижение жизнестойкости у представи-

телей семейства кипарисовые: туи и можжевельника ($td = 3,52–5,57$). При этом сильного ослабления отдельных экземпляров нет, изменчивость умеренная и значительная ($V = 9,7–14,7$). Вероятно, негативное воздействие на состояние туи западной, обладающей поверхностной корневой системой, оказало уплотнение почвы ввиду близости рядовой посадки к асфальтовому покрытию тротуара. Повышенный импеданс ПКТ можжевельника в сквере Лемаева г. Нижнекамска является особенностью сорта, и выводы о снижении его жизнестойкости преждевременны, требуются дополнительные исследования. Визуально состояние растений хорошее, изменчивость показателя невысока – 14,7 %.

Для экологической оценки состояния среды целесообразно использование комплекса показателей. Для биоиндикации загрязнения городской среды рекомендуются методы определения активности окислительных ферментов: пероксидазы, полифенолаксидазы, каталазы и др. Авторами отмечается высокая активность пероксидазы и ингибирование каталазы в загрязнённых условиях [10, 19]. Изменение качества и активности окислительно-восстановительных ферментов каталазы и пероксидазы может служить определённым показателем реакции растительного организма на неблагоприятные факторы окружающей среды и для оценки приспособления растений к условиям существования.

В условиях техногенного загрязнения активность фермента каталазы в листовых пластинках понижена даже у видов, демонстрирующих её стабильность в коре побегов, что позволяет считать ткани листьев более чувствительными к негативным воздействиям среды. При ослаблении жизненного состояния активность каталазы уменьшается [19, 20]. Проведено определение активности данного фермента в листьях хвойных и лиственных видов, произрастающих в различных по удалённости от НПУз районах г. Нижнекамска и контрольных насаждениях (см рис., табл. 3).



Активность фермента каталазы в листовых пластинках древесных видов на участках с различным техногенным загрязнением, мл O₂/г мин

Таблица 3

**Активность каталазы в хвое древесных видов
на участках с различным уровнем техногенного загрязнения**

Участок	Статистические показатели активности каталазы в хвое различных видов, мл O ₂ /г.мин							
	1-летней		2-летней		3-летней		в среднем	
	X _{ср} ±m _{ср}	V, %	X _{ср} ±m _{ср}	V, %	X _{ср} ±m _{ср}	V, %	X _{ср} ±m _{ср}	V, %
Ель европейская								
г. Нижнекамск	0,9±0,26	52,2	0,9±0,40	78,0	2,32±0,86	63,8	1,4±0,37	82,4
п. Красный Ключ	0,6±0,21	61,7	0,7±0,19	48,9	1,4±0,53	64,9	0,9±0,22	73,2
Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	0,8±0,10	20,2	1,1±0,20	31,6	5,2±1,15	38,0	2,4±0,79	99,3
Ель колючая								
г. Нижнекамск	0,5±0,22	72,0	0,8±0,07	20,6	0,7±0,19	57,2	0,7±0,08	41,7
п. Красный Ключ	0,7±0,03	7,25	0,54±0,17	55,0	1,1±0,60	92,0	0,8±0,20	76,4
Контроль, г. Йошкар-Ола, БСИ	0,9±0,06	10,8	1,1±0,15	24,3	1,8±0,26	24,7	1,3±0,16	39,2
Сосна обыкновенная								
г. Нижнекамск	26,3±2,97	19,5	22,6±2,37	18,2	28,3±4,12	25,2	25,7±1,82	21,2
Туя западная								
г. Нижнекамск	16,3±7,57	80,3	18,6±1,02	9,5	17,5±6,79	67,2	17,5±2,97	50,9

Исследования показывают видоспецифичность показателей активности каталазы в листьях древесных растений, его высокую изменчивость. Это объясняется тем, что действие поллютантов на ассимиляционный аппарат зависит от индивидуальных особенностей как видов, так и конкретных растений, а также от интенсивности и сезонной приуроченности выбросов, направления ветровых потоков, количества осадков.

Снижение активности каталазы в листьях в промзоне и санитарно-защитной зоне НПУз наблюдается у тополя бальзамического, липы мелколистной, в городских посадках берёзы повислой (отличие от контроля – посадок БСИ ПГТУ г. Йошкар-Олы достоверно ($td = 2,9-4,0$)), клёна остролистного в промзоне в сравнении с городскими условиями ($td = 5,5$). У липы мелколистной в условиях естественного липового насаждения посёлка Красный Ключ активность каталазы в листьях существенно выше, чем в контроле ($td = 3,15$) и в два раза – чем в промзоне ($td = 7,0$). Это подтверждает результаты исследования по импедансу ПКТ ствола, что липа мелколистная в промзоне отличается несколько сниженным жизненным состоянием. Также согласуются полученные результаты и для берёзы повислой, что свидетельствует о её пониженной устойчивости в городских условиях.

Известно, что наибольшее влияние техногенные факторы оказывают на физиологическое состояние деревьев хвойных видов, так как воздействие на ассимиляционный аппарат может продолжаться в течение всего срока жизни хвои. В связи с этим в многолетней хвое чувствительных к загрязнению видов можно наблюдать значительные изменения в активности фермента каталазы (табл. 3).

Изменение активности каталазы в хвое различных лет формирования статистически не существенно у ели европейской, ели колючей, туи западной. Активность фермента стабильна, что подтверждает устойчивость видов. У сосны обык-

новенной, как у мало дымогазостойкого вида, колебания активности каталазы в хвое существенны на уровне значимости 0,05 ($td = 2,23$).

На участках в зоне техногенного воздействия активность каталазы хвои ели колючей, ели европейской имеет меньшие значения в сравнении с деревьями в лесопарковой зоне г. Йошкар-Олы, удалённой от нефтеперерабатывающих предприятий [20]. Однако статистические отличия не подтверждаются ($td = 1,22-2,73$) ввиду большой и очень большой индивидуальной изменчивости показателя (39–99 %).

Следует отметить, что уровень активности каталазы в листовых пластинках весьма вариабелен у растений даже в идентичных условиях, что демонстрирует высокую чувствительность показателя к локальным влияниям среды, приуроченным к периоду вегетации. Наиболее высокая индивидуальная изменчивость активности каталазы наблюдается у ели европейской вида с поверхностной корневой системой, быстро реагирующего на засуху и рекреационные нагрузки. Изменчивы по данному показателю ель колючая и туя западная, более однородны посадки сосны обыкновенной (табл. 3).

Колебания и отклонения в активности каталазы в листьях древесных видов г. Нижнекамска, свидетельствующие о снижении их устойчивости в конкретных условиях, согласуются с оценкой их состояния по импедансу ПКТ, что в комплексе более достоверно свидетельствует об ухудшении жизнеспособности растений.

Для мониторинга состояния окружающей среды и сравнительной диагностики жизненного состояния насаждений г. Нижнекамска по зонам можно рекомендовать наблюдения на мониторинговых площадках (0,25 га, или 50x50 м), заложенных в промышленной и санитарно-защитной зонах в количестве не менее 10–15 шт. и в городских районах в количестве не менее 10–15 шт. Необходимо обеспечивать принцип сравнимости по видовому

составу на постоянных пробных площадях, выделяя примерно по 100 деревьев одного вида. Так как в городе деревья не образуют плотных насаждений, то в санитарно-защитной и контрольной зонах необходимо обеспечение идентичных условий роста и освещённости. Пробные площади должны быть равномерно распределены по территории, но плотность их вблизи источников эмиссии должна быть выше в два и более раза. Данные насаждения будут выполнять роль биологических индикаторов загрязнения среды, при этом они позволят суммировать и регистрировать все виды неблагоприятных воздействий, что обеспечит фиксацию экологических зон.

Наиболее информативными индикаторами техногенного загрязнения являются хвойные виды, и в большей степени сосна обыкновенная, как наиболее чувствительный вид, позволяющий применить методы фитоиндикации. Сравняются биометрические показатели хвои и побегов, охвоенность побегов, средний возраст хвои, радиальный годичный прирост, импеданс ПКТ, активность ферментов и другие параметры, отражающие жизненное состояние деревьев, в зонах различного уровня загрязнения.

Целесообразно создание индикаторных участков для мониторинга среды путём создания насаждений сосны на постоянных, равномерно размещённых по 3–5 шт. в пределах зон площадках. Предпочтительно применение посадочного материала с закрытой корневой системой, позволяющего уменьшить послепосадочную депрессию, обеспечить быстрый рост и скорейшее использование насаждений.

Выводы. Об устойчивости видов в условиях нефтегазового техногенного загрязнения от Нижнекамского НПУз позволяют судить импеданс ПКТ ствола и активность каталазы в листьях, дополняя таксационные и показатели санитарного состояния растений.

На основании анализа установлено снижение устойчивости в зонах наибольшей техногенной трансформации (про-

мышленная и санитарно-защитная зоны) у следующих видов: сосны обыкновенной (особенно у средневозрастных культур), ивы козьей, рябины обыкновенной, черёмухи обыкновенной, клёна ясенелистного; тенденцию к снижению жизненности имеет и липа мелколистная.

В городских посадках Нижнекамска, в удалении от НПУз, но в условиях специфических рекреационных нагрузок устойчивость снижена у берёзы повислой и туи западной (особенно при уплотнении почвы), сосны обыкновенной, вяза приземистого, ивы козьей, сильно – у клёна ясенелистного.

Устойчивы в санитарно-защитных насаждениях Нижнекамского НПУз тополь бальзамический, клён остролистный, дуб черешчатый, лещина обыкновенная, вяз гладкий, виды яблонь (при своевременном обновлении насаждений). Этот список могут дополнить вяз голый, тополь чёрный, ива белая, осина.

Устойчивы в городских посадках, в удалении от НПУз, тополь бальзамический, тополь х советский пирамидальный, тополь чёрный, рябина обыкновенная, черёмуха обыкновенная, яблони, липа мелколистная и крупнолистная, боярышник крупноколючковый, конский каштан обыкновенный, дуб черешчатый, вяз голый и вяз гладкий. Следует отметить, что дуб черешчатый и вяз гладкий лучше будут себя чувствовать в парковых насаждениях, приближенных к естественным, что подтверждается более низкими показателями импеданса ПКТ в естественных насаждениях и колебаниями активности каталазы. Тополь бальзамический устойчив в городских посадках, но при омоложении деревьев в посадках вдоль магистралей следует предварительно готовить растения, улучшать аэрацию почвы, чтобы не допустить ослабления растений. Из хвойных видов в городе устойчивы ель европейская, ель колючая, лиственница сибирская.

Физиологические показатели импеданс ПКТ и активность каталазы в листьях информативны, характер их изменения

видоспецифичен, поэтому необходимы дальнейшие их исследования у различных таксонов, а также динамики в зависимости от условий среды и фенологического состояния.

Для мониторинга состояния окружающей среды методом фитоиндикации целесообразно создание в различных экологических зонах индикаторных участков из сосны обыкновенной.

Список литературы

1. Никитин И.Ю., Любарский Е.Л. Выделение зон загазованности на территории нефтехимического территориально-производственного комплекса в связи с его озеленением // Производственная санитария. М.: Профиздат, 1980. С. 37 - 45.
2. Григорьев А.И. Эколого-физиологические основы адаптации древесных растений в лесостепи Западной Сибири: монография. Омск: Изд-во ОмГПУ, 2008. 196 с.
3. Курило Ю. А., Григорьев А. И. Электрическое сопротивление как показатель устойчивости древесных растений в условиях нефтяного загрязнения // Проблемы региональной экологии. 2010. № 5. С. 111-116.
4. Бухарина И.Л., Поварнищина Т.М., Ведерников К.М. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. Ижевск: ИжГСХА, 2007. 216 с.
5. Михайлова Т. А. Диагностика жизненного состояния древостоев в условиях техногенного загрязнения. Иркутск: Сиб. ин-т физиол. и биохимии растений, 1998. С. 40-42.
6. Angoid, P.G. The impact of road upon adjacent heathland vegetation: effects on plant species composition // Journal of Applied Ecology. 1997. Vol. 34. Pp. 409-417
7. Неверова О.А. Морфобиометрическая диагностика состояния древесных растений и загрязнения атмосферного воздуха города Кемерово // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга. Сыктывкар: Коми науч. центр УрО РАН, 2001. С. 137
8. Васфилов С.П. Возможные пути негативно-го влияния кислотных газов на растения // Журнал общей биологии. 2003. Т. 64. № 2. С. 146-159.
9. Третьякова Н.Н., Носкова Н.Е. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса // Экология. 2004. № 1. С. 26-33.
10. Николаевский В. С. Влияние промышленных газов на растительность // Региональный экологический мониторинг. М.: Наука, 1983. 264 с.
11. Darral N.M. The effect of air pollutants on physiological processes in plants // Abiotic Stresses in Plants. 1989. Vol. 12. Pp. 1-30.
12. Lidon F.C., Henrigues F.S. Changes in the thylakoid membrane polypeptide patterns triggered by excess copper in rice // Journal of Plant Nutrition 1993. Vol. 16. No 8. Pp. 1444-9.
13. Пахомова В.М. Основные положения современной теории стресса и неспецифический адаптационный синдром у растений // Цитология. 1995. Т.35, № 1/2. С.66-91.
14. Илькун Г.М., Матрук В.В., Канивец В.И. Принципы подбора растений для озеленения промышленных предприятий // Растение и промышленная среда: Материалы III науч. конф. – Киев: «Научная мысль», 1976. С. 164-167.
15. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 124 с.
16. Карасев В.Н., Карасева М.А. Диагностика жизненного состояния насаждений хвойных пород по биоэлектрическим показателям // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 2 (30). С. 24-36.
17. Карасев В. Н., Карасева М.А. Эколого-физиологическая диагностика жизнеспособности хвойных пород: монография. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. 216 с.
18. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М.: МГУЛ, 1999. 193 с.
19. Диагностика жизнеспособности древесных растений г. Нижнекамска по активности фермента каталазы / Н.Е. Серебрякова, М.А. Карасева, В.Н. Карасев и др. // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 4. С. 39-43.
20. Активность каталазы как показатель жизненного состояния древесных растений в городских условиях / В.Н. Карасев, М.А. Карасева, Н.Е. Серебрякова и др. // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сборник научных трудов.– Брянск: БГИТУ, 2015. Вып. 43. С. 88-90.

Статья поступила в редакцию 03.05.17.

Информация об авторах

СЕРЕБРЯКОВА Наталья Евгеньевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – интродукция древесных растений. Автор 30 публикаций.

КАРАСЕВА Маргарита Антиповна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление и интродукция древесных растений Автор 140 публикаций.

КАРАСЕВ Валерий Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – экология и физиология древесных растений. Автор 130 публикаций.

МЕДВЕДКОВА Елена Андреевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – городские леса, развитие лесных насаждений в условиях рекреации. Автор 15 публикаций.

ГРАНИЦА Юлия Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой садово-паркового строительства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – ландшафтная архитектура. Автор 26 публикаций.

UDC 581.1

DOI: 10.15350/2306-2827.2017.2.58

GREEN PLANTATIONS SUSTAINABILITY IN CONDITIONS OF TECHNOGENIC POLLUTION IN NIZHNEKAMSK CITY

N. E. Serebryakova, M. A. Karaseva, V. N. Karasev, E. A. Medvedkova, Yu. V. Granitsa
Volga State University of Technology,
3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: serebryakovane@volgatech.net

Keywords: *technogenic pollution; Nizhnekamsk oil-processing center (NOPC); vegetation plantations; activity of enzyme of catalase; impedance of close to cambial complex of tissues; living condition; sustainability.*

ABSTRACT

Introduction. *A number of dangerous pollutants can be blown into the atmosphere due to the activity of oil-processing centers (OPC). Definition of woody species, conserving necessary ecological functions and life ability in conditions of oil and gas pollution, organizing of monitoring of woody species state and the state of the environment on the whole are the relative objectives. The goal of the research is to access sustainability to technogenic pollution of woody species of natural and planted origin in Nizhnekamsk, to reveal the plants which are relevant to the formation of a green ecological basis of the city with an account of the specificity of NOPC influence. Woody-shrubby plantations of ecological zones differentiating by pollution level are the object to research. The method of research is the measure of impedance of close to cambial complex of tissues of a stem and the activity of enzyme of catalase in leaf blades. Results.* *Impedance of close to cambial complex of tissues adds to the valuation index and the index of plant health status, makes it possible to judge sustainability of the species in conditions of technogenic pollution caused by Nizhnekamsk oil-processing center activity. Level of impedance of close to cambial complex of tissues of species is a specific one, it varies depending on the level of sustainability of taxon to technogenic pollution. Deviation of the catalase activity in the leaves of woody species indicating decrease of their sustainability in certain conditions are in keeping with the state value by impedance of close to cambial complex of tissues. Taking as a whole, it reliably shows life ability of plants. Conclusion.* *Sustainability of Scots pine, goat willow, field ash, European bird cherry, ash-leaved maple in the industrial and sanitary protection zones is decreased. A tendency to decrease of life ability of Tilia cordata is determined. Populus balsamifera, Norway maple, English oak, European filbert, European white elm, some sorts of apple tree, bare elm, black poplar, European willow, aspen are sustainable in sanitary protection plantations in oil-processing centers. The studied species of poplar, European mountain ash, European bird cherry, apple trees, Tilia cordata and large-leaved linden, hawthorn large-spined, horse chestnut, English oak, bare elm and, European white elm are rather sustainable in urban plantations. English oak and European white elm are of better index in park plantations. Among coniferous trees, Norway spruce, Colorado spruce, Siberian larch are the sustainable species in the city. It is important to continue the research of impedance of close to cambial complex of tissues due to the activity of enzyme of catalase of different taxons, and their dynamics depending on the environmental conditions and their phonological state.*

REFERENCES

1. Nikitin I.Yu., Lubarskiy E.L. . Vydelenie zon zagazovannosti na territorii neftekhimicheskogo territorialno-proizvodstvennogo kompleksa v svyazi s ego ozeleneniem [Revealing of the Zones of Gas Pollution at the Territory of Oil and Gas Territorial and Industrial Complex Due to the Fact of Its Landscape Gardening]. *Proizvodstvennaya sanitariya* [Industrial Health]. Moscow: Profizdat, 1980. P. 37 - 45.
2. Grigorev A.I. Ekologo-fiziologicheskie osnovy adaptatsii drevesnykh rasteniy v lesostepi Zapadnoy Sibiri: monografiya [Ecological and Physiological Basis of Woody Plants Adaptation in the Forest-Steppe of Western Siberia: monograph]. Omsk: Izdatelstvo OmGPU, 2008. 196 p.
3. Kurilo Yu. A., Grigorev A.I. Elektricheskoe soprotivlenie kak pokazatel ustoychivosti drevesnykh rasteniy v usloviyakh neftyanogo zagryazneniya [Electrical Resistance as an Index of Woody Plants Sustainability in Conditions of Oil Pollution]. *Problemy regionalnoy ekologii* [Problems of Regional Ecology]. 2010. No 5. P. 111-116.
4. Bukharina I.L., Povarnitsina T.M., Vedernikov K.M. Ekologo-biologicheskie osobennosti drevesnykh rasteniy v urbanizirovannoy srede [Ecological and Biological Peculiarities of Woody Plants in an Urbanized Environment]. Izhevsk: IzhGSKhA, 2007. 216 p.
5. Mikhailova T. A. Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya drevostoev v usloviyakh tekhnogennoy zagryazneniya [Diagnostics of Health of Stands in Conditions of Man-Made Pollution]. Irkutsk: Sib. Institute fiziologii i biokhimmii rasteniy, 1998. P. 40-42.
7. Neverova O.A. Morfobiometricheskaya diagnostika sostoyaniya drevesnykh rasteniy i zagryazneniya atmosfernogo vozduha goroda Kemerovo [Morphobiometric Diagnostics of Woody Plants and Air Pollution in Kemerovo]. *Sovremennye problemy bioindikatsii i biomonitoringa* [Current Problems of Bioindication and Biomonitoring]. Syktyvkar: Komi nauch. Tsentri UrO RAN, 2001. P. 137
8. Vasfilov S.P. Vozmozhnye puti negativnogo vliyaniya kislykh gazov na rasteniya [Possible Ways of Negative Influence of Acid Gases on Plants]. *Zhurnal obshchey biologii* [Journal of General Biology]. 2003. Vol. 64. No 2. P. 146-159.
9. Tretyakova N.N., Noskova N. E. Pyltsaa sosny obyknovennoy v usloviyakh ekologicheskogo stressa [Pollen of Scots Pine in Conditions of Ecological Stress]. *Ekologiya* [Ecology]. 2004. No 1. P. 26-33.
10. Nikolaevskiy V. S. Vliyanie promyshlennykh gazov na rastitelnost [Influence of Industrial Gases on Vegetation]. *Regionalnyy ekologicheskyy monitoring* [Regional Ecological Monitoring]. Moscow: Nauka. 1983. 264 p.
11. Darral N.M. The effect of air pollutants on physiological processes in plants. *Abiotic Stresses in Plants*. 1989. Vol. 12. Pp. 1-30.
12. Lidon F.C., Henrigues F.S. Changes in the thylakoid membrane polypeptide patterns triggered by excess copper in rice. *Journal of Plant Nutrition*. 1993. Vol. 16. No 8. Pp. 1444-9.
13. Pakhomova V.M. Osnovnye polozheniya sovremennoy teorii stressa i nespetsificheskoy adaptatsionnoy sindrom u rasteniy [Fundamental Principles of Modern Theory of Stress and Non-Specific Adaptation Syndrome of Plants]. *Tsitologiya* [Cytology]. 1995. Vol. 35, No 1/2. P. 66-91.
14. Ilkun G.M., Matruk V.V., Kanivets V.I. Printsipy podbora rasteniy dlya ozeleneniya promyshlennykh predpriyatiy [Principles of Plants Selection to Plant Trees Near the Enterprises]. *Rastenie i promyshlennaya sreda: materialy III nauch. konf.* [Plants and Industrial Environment: proceedings of III scientific conference]. Kyiv: Nauchnaya mysl, 1976. P. 164-167.
15. Kulagin Yu.Z. *Drevesnye rasteniya i promyshlennaya sreda* [Woody Plants and Industrial Environment]. Moscow: Nauka, 1974. 124p.
16. Karasev V.N., Karaseva M.A. Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya nasazhdeniy khvoynykh porod po bioelektricheskim pokazatelyam [Diagnostics of Health of Coniferous Stands by Bioelectric Indices]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2016. No 2 (30). P. 24-36.
17. Karasev V.N., Karaseva M.A. *Ekologo-fiziologicheskaya diagnostika zhiznesposobnosti khvoynykh porod: monografiya* [Ecological and Physiological Diagnostics of Health of Coniferous Trees: monograph]. Yoshkar-Ola: PGU, 2013. 216 p.
18. Nikolaevskiy V.S. *Ekologicheskaya otsenka zagryazneniya sredy i sostoyaniya nazemnykh ekosistem metodami fitoindikatsii* [Ecological Assessment of Environment Pollution and Condition of Terrestrial Ecosystems by Phytindication]. Moscow: MGUL, 1999. 193 p.
19. Serebryakova N.E., Karaseva M.A., Karasev V.N., et al. Diagnostika zhiznesposobnosti drevesnykh rasteniy g. Nizhnokamska po aktivnosti fermenta katalazy [Diagnostics of Health of Woody Plants in Nizhnokamsk by Activity of Catalase Enzyme]. *Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii* [Russian Journal of Applied Ecology]. 2015. No 4. P. 39-43.
20. Karasev V.N., Karaseva M.A., Serebryakova N.E., et al. Aktivnost katalazy kak pokazatel zhiznennogo sostoyaniya drevesnykh rasteniy v gorodskikh usloviyakh [Catalase Activity as an Indicator of Woody Plants Health in Urban Conditions]. *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa. Sbornik nauchnykh trudov* [Current Problems of Forest Complex. Collected papers]. Issue 43. Bryansk: BGITU, 2015. P. 88-90.

The article was received 03.05.17.

For citation: Serebryakova N. E., Karaseva M.A., Karasev V.N., Medvedkova E.A., Granitsa Yu.V. Green Plantations Sustainability in Conditions of Technogenic Pollution in Nizhnekamsk City. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management. 2017. No 2(34). Pp. 58–72. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.2.58

Information about the authors

SEREBRYAKOVA Natalia Evgenyevna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Landscaping, Botany and Dendrology, Volga State University of Technology. Research interests – introduction of wood plants. The author of 30 publications.

KARASEVA Margarita Antipovna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Plantations, Selection and Biotechnology, Volga State University of Technology. Research interests – artificial forest restoration, introduction of woody plants. The author of 140 publications.

KARASEV Valeriy Nikolayevich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Landscaping, Botany and Dendrology, Volga State University of Technology. Research interests – ecology and physiology of woody plants. The author of 130 publications.

MEDVEDKOVA Elena Andreyevna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Landscaping, Botany and Dendrology, Volga State University of Technology. Research interests – urban forests, forest stand development in conditions of recreation. The author of 15 publications.

GRANITSA Yuliya Vladimirovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head at the Chair of Landscape Gardening, Volga State University of Technology. Research interests – landscape gardening. The author of 26 publications.