



DOI 10.23859/estr-240418

EDN GPURFE

УДК 630\*181.2:630\*425

*Научная статья*

## **Изменение состояния древесных насаждений Стерлитамакского промышленного центра (Южное Предуралье, Республика Башкортостан) за период 2013–2023 гг.: причины и практическое значение**

О.В. Тагирова , А.Ю. Кулагин\* 

*Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение  
Уфимского федерального исследовательского центра РАН (УИБ УФИЦ РАН),  
Россия, 450054, г. Уфа, пр-кт Октября, д. 69*

\*coolagin@list.ru

**Аннотация.** Представлены результаты оценки относительного жизненного состояния древесных растений Стерлитамакского промышленного центра на сети постоянных пробных площадей, проведенные в 2013 г. и в 2023 г. Показано, что за 10-летний период на фоне снижения объемов годичного поступления промышленных загрязнителей в окружающую среду состояние древесных насаждений улучшилось, сменившись с категории «ослабленное» (64.9%) на категорию «здоровое» (83.7%). В условиях промышленной зоны наиболее устойчивой к комплексу экстремальных природных и техногенных факторов оказалась береза повислая; при этом для селитебно-рекреационной зоны также отмечено существенное улучшение жизненного состояния березовых насаждений. Аналогичная картина положительных изменений состояния отмечена для липы мелколистной, дуба черешчатого, тополя бальзамического, ели обыкновенной и лиственницы Сукачева. Периодическое определение относительного жизненного состояния древесных насаждений позволяет отследить динамику изменений в условиях длительного действия антропогенных факторов, определить перспективы сохранения имеющихся насаждений и обосновать мероприятия по их реконструкции.

**Ключевые слова:** озеленение, относительное жизненное состояние деревьев, промышленное загрязнение, температура, осадки

**Финансирование.** Работы выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Агидель» в рамках плановых исследований по бюджетной теме № 123020700152-5 FMRS-2023-0008 «Устойчивость лесообразующих древесных видов и эколого-биологические адаптации с учетом антропогенной трансформации ландшафтно-природных комплексов».

**ORCID:**

О.В. Тагирова, <https://orcid.org/0000-0003-1615-7005>

А.Ю. Кулагин, <https://orcid.org/0000-0001-7574-4547>

**Для цитирования:** Тагирова, О.В., Кулагин, А.Ю., 2025. Изменение состояния древесных насаждений Стерлитамакского промышленного центра (Южное Предуралье, Республика Башкортостан) за период 2013–2023 гг.: причины и практическое значение. *Трансформация экосистем* 8 (1), 48–65. <https://doi.org/10.23859/estr-240418>

Поступила в редакцию: 18.04.2024

Принята к печати: 09.06.2024

Опубликована онлайн: 21.02.2025

---

DOI 10.23859/estr-240418

EDN GPURFE

UDC 630\*181.2:630\*425

### Article

## Forest plantations changed under Sterlitamak industrial center conditions (Southern Urals, Republic of Bashkortostan) during the period 2013–2023: causes and practical significance

O.V. Tagirova , A.Yu. Kulagin\* 

*Ufa Institute of Biology – a separate structural unit of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Prospect Oktyabrya 69, Ufa, 450054 Russia*

\*coolagin@list.ru

---

**Abstract.** The results of assessing the relative living condition of woody plants of the Sterlitamak Industrial Center based on permanent test areas conducted in 2013, 2023 are presented. It is shown that over a 10-year period, against the background of a decrease in the annual volumes of industrial pollution of the environment, the condition of tree plantations changed from the category "weakened" (65%) to the "healthy" one (84%). In the conditions of the industrial zone, the hanging birch turned out to be the most resistant to a complex of extreme natural and man-made factors. At the same time, a significant improvement in the living condition of birch plantations was also noted for the residential and recreational zone. A similar pattern of positive changes in the condition was noted for linden, oak, poplar, spruce and larch. The periodic determination of the relative living condition of tree plantations allows us to form an idea of the changes occurred under prolonged anthropogenic effects, to identify prospects for preservation of existing plantations and to justify the measures for their reconstruction.

**Keywords:** landscaping, vital condition of trees, industrial pollution, temperature, precipitation

**Funding.** The work was performed using the equipment of the Agidel collective use center as a part of state assignment No. 123020700152-5 FMRS-2023-0008 "Sustainability of forest-forming tree species and ecological and biological adaptations taking into account anthropogenic transformation of landscape and natural complexes".

### ORCID:

O.V. Tagirova, <https://orcid.org/0000-0003-1615-7005>

A.Yu. Kulagin, <https://orcid.org/0000-0001-7574-4547>

**To cite this article:** Tagirova, O.V, Kulagin, A.Yu., 2025. Forest plantations changed under Sterlitamak industrial center conditions (Southern Urals, Republic of Bashkortostan) during the period 2013–2023: causes and practical significance. *Ecosystem Transformation* 8 (1), 48–65. <https://doi.org/10.23859/estr-240418>

Received: 18.04.2024

Accepted: 09.06.2024

Published online: 21.02.2025

---

## Введение

Устойчивое развитие промышленных центров обусловлено взаимосвязью экологии, экономики и социума. Экологическая составляющая обеспечивает формирование комфортной среды, что направлено на устойчивое многолетнее функционирование урбоэкосистемы. Благоприятные экологические условия способствуют концентрации населения в конкретном регионе, увеличению численности работоспособного населения и экономическому развитию территории. Экономическая компонента связана с комфортными условиями для социума, включает наличие рабочих мест, достойную заработную плату и социальную защищенность. По мере экономического роста и увеличения объемов производства, сопряженных с необходимостью устойчивого развития, обязательно обеспечивать снижение отрицательного воздействия антропогенных факторов на окружающую среду. На современном этапе развития промышленных городов осуществляется целевое финансирование природоохранных мероприятий. В частности, реконструкция промышленных предприятий, установка современных очистных сооружений, переход на наилучшие доступные технологии, рекультивация нарушенных ландшафтов, лесовосстановление и защитное лесоразведение, озеленение выступают ключевыми звеньями в оптимизации природопользования и улучшении жизни людей (Глебова и др., 2000).

Древесные насаждения на территории промышленных центров обеспечивают формирование комфортной среды города (Бухарина и др., 2007; Бушуева и Сродных, 2022; Ибрагимова и др., 2014; Кулагин и Тагирова, 2015). Древесные растения выполняют газоаккумулирующие функции (Кулагин и Сергейчик, 1982; Николаевский, 1979; Тарабрин, 1980), а также выступают в роли фитофильтра, накапливая токсичные соединения в хвое, листьях, древесине и коре растений (Гарифзянов, 2011; Гиниятуллин и др., 2023; Кабанова и др., 2021; Кулагин, 1974; Alpaidze and Salukvadze, 2023). Следует отметить, что успешное выполнение древесными насаждениями средозащитных функций основано на феномене устойчивости к экстремальным условиям произрастания (Ибрагимова и др., 2016; Кулагин, 1974, 2003; Кулагин и Сергейчик, 1982).

К настоящему времени широко распространено мнение, что процесс усыхания древесных насаждений в условиях промышленного загрязнения носит необратимый характер и приводит к гибели отдельных деревьев и насаждения в целом (Зверев, 2012; Кирдянов и др., 2014). На этом основаны рекомендации по санитарным рубкам в ослабленных древостоях (Залесов и Луганский, 1993; Клочков, 1991; Панкратов, 2021; Сазонов и др., 2023), а также рекомендации по мелиорации загрязненных почв (Тюкавина и Корепин, 2023). Известно, что сформировавшийся адаптивный комплекс древесных растений характеризуется видоспецифичностью (Кулагин, 2009; Тагирова и Кулагин, 2019), а отдельные структурно-функциональные адаптации различных уровней организации реализуются на всем протяжении онтогенеза растений (Усманов и др., 2001; Sensuła et al., 2015). Успешное произрастание древесных растений в изменяющихся условиях среды происходит за счет адаптации на протяжении отдельного вегетационного периода, но, по сути, длится десятки лет. Наглядным примером обеспечения выживания древесных растений в условиях дефицита водообеспечения и повышенной загазованности атмосферы выступает позднелетний листопад тополя бальзамического, березы повислой, липы мелколистной и других видов, а также сокращение продолжительности жизни хвои у сосны обыкновенной, ели обыкновенной и других хвойных видов с многолетней хвоей (Кузьмин и Карпюк, 2022; Кулагин, 1974; Тюкавина и Корепин, 2023; Феклистов и др., 2005). Установлено, что в случае массового размножения листогрызущих вредителей (Буй и др., 2020, 2021; Воробьева и др., 2020) либо при аварийных выбросах про-

мышленных загрязнителей в атмосферу (Меншиков и др., 2004) происходит практически полная гибель ассимиляционного аппарата. Однако благодаря регенерационным способностям древесные растения способны восстанавливать листья и хвою, а следовательно, и биологическую продуктивность в текущем вегетационном периоде (Кулагин, 1991, 2003; Kulagin, 2020). Показано, что в условиях многолетнего нефтехимического загрязнения на фоне уменьшения объемов валовых выбросов за счет регенерации кроны и листьев улучшается жизненное состояние насаждений березы повислой (Тагирова, 2024).

Данная работа посвящена изучению особенностей произрастания и изменения состояния древесных насаждений в динамичных условиях Стерлитамакского промышленного центра (Южное Предуралья) в период 2013–2023 гг. с целью обоснования практических мероприятий по сохранению и созданию древесных насаждений в селитебно-рекреационной и санитарно-защитной зонах.

## Материал и методы

Город Стерлитамак основан в 1766 г. как Стерлитамакская солеводная пристань, статус города ему присвоен в 1781 г. Стерлитамакский промышленный центр (СПЦ) расположен в лесостепной зоне Русской равнины, в подзоне типичной лесостепи. Рельеф представлен наклонными равнинами, пологими придолинными склонами, сложенными глинами неогенового возраста с разнотравно-ковыльными степями, дубравами, пашнями на выщелоченных черноземах. В элементах рельефа представлены пойма, низкие и средние эрозионно-аккумулятивные террасы речных долин с озерами-старицами, заболоченные луга, леса и кустарники на аллювиальных, болотных, темно-серых лесных и черноземных почвах (Атлас..., 2005; Башкортостан..., 1996). Основная часть города расположена на равнинной территории.

Промышленные предприятия, сосредоточены в северной части г. Стерлитамака. Предприятия химической и нефтехимической промышленности (АО «Башкирская содовая компания», ОАО «Синтез-Каучук») выступают в качестве основных загрязнителей окружающей среды. Объем валовых выбросов загрязняющих веществ составил 42.1 тыс. тонн, или 80.7% выбросов от стационарных источников. В период с 2008 по 2022 гг. отмечено снижение суммарных выбросов в атмосферу от стационарных и передвижных источников на территории СПЦ (Рис. 1). В частности, существенно уменьшилось количество выбросов сернистого ангидрида и оксидов азота в атмосферу (Рис. 2). Вследствие этого происходит снижение антропогенного воздействия на окружающую среду, отмечается стабилизация экологической ситуации (Государственный доклад..., 2023).

Кроме негативного воздействия промышленных загрязнителей, на состояние насаждений древесных растений отрицательно влияют экстремально низкие и экстремально высокие температуры, а также перепады температур в многолетней динамике (Рис. 3). В то же время некоторая стабилизация лесорастительных условий определяется тем обстоятельством, что с 2010 г. количество выпавших осадков на территории СПЦ увеличивается (Рис. 4).

На территории СПЦ в древесных насаждениях были заложены постоянные пробные площади (ПП) (Рис. 5), проанализирован породный состав насаждений, определены таксационные показатели древостоев (Андреева и др., 2002) и оценено относительное жизненное состояние (ОЖС) древесных растений (с дополнениями для лиственных древесных растений) по количеству деревьев ( $L_n$ , %) (Алексеев, 1989). В данной работе представлены результаты исследований, проведенных в 2013 г. (Тагирова и Ибрагимова, 2013; Ибрагимова и др., 2014) и в 2023 г.

При проведении исследований внимание уделено насаждениям, в составе которых произрастают ель обыкновенная *Picea abies* (L.) Karst, лиственница Сукачева *Larix sukaczewii* Dyl., береза повислая *Betula pendula* Roth, липа мелколистная *Tilia cordata* Mill., дуб черешчатый *Quercus robur* L. и тополь бальзамический *Populus balsamifera* L.

При проведении оценки основных диагностических параметров жизненного состояния деревьев характеризовали следующие признаки: густота кроны (% от нормальной густоты), наличие мертвых сучьев (в % от общего количества сучьев на стволе), степень повреждения хвои (листьев) токсикантами, патогенами и насекомыми (средняя площадь некрозов, пятнистостей и объеданий в % от площади листа).

Высоту деревьев определяли с использованием дальномера Nikon Laser Forestry Pro (Japan), диаметр деревьев измеряли мерной вилкой Haglof (Sweden). Возраст древостоев на пробной площади определяли с помощью приростного бурава Suunto (Finland) на высоте 0.4 м.

При обработке фактического материала использовали стандартные методы статистической обработки (Microsoft Excel 2020, Adobe Photoshop 2020).

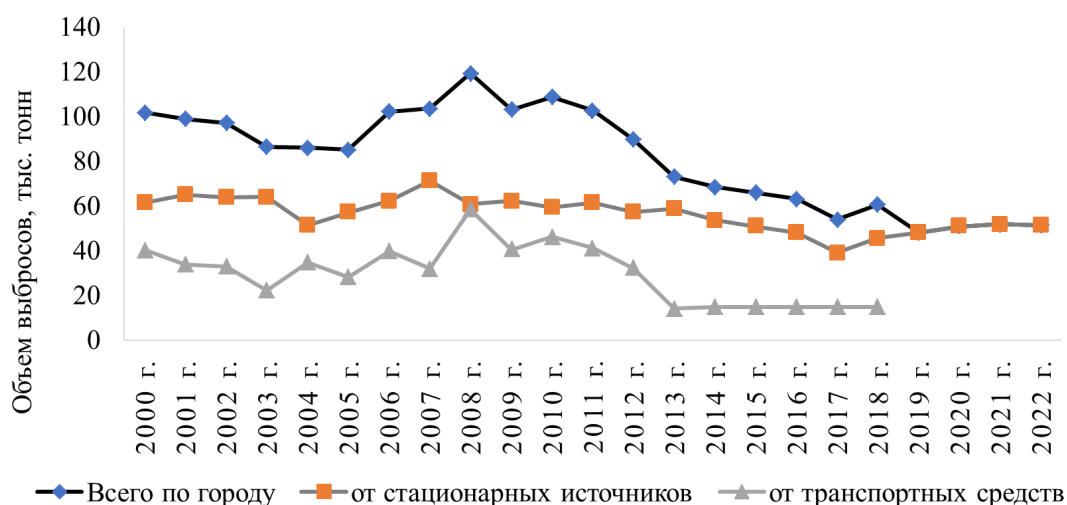


Рис. 1. Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников на территории Стерлитамакского промышленного центра в 2000–2022 гг., тыс. тонн (Государственный доклад..., 2023).

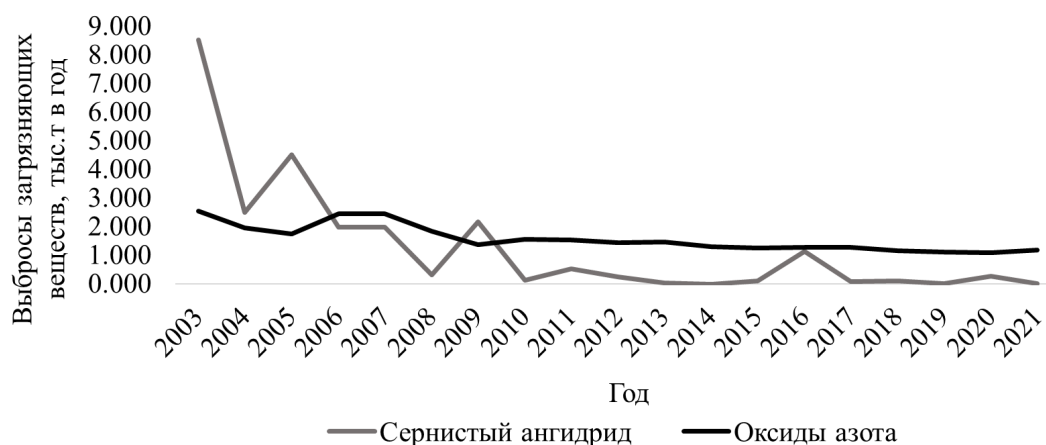


Рис. 2. Объемы выбросов в атмосферу сернистого ангидрида и оксидов азота на территории Стерлитамакского промышленного центра в 2003–2021 гг., тыс. тонн (Государственный доклад..., 2023).

## Результаты и обсуждение

В ходе наших предыдущих исследований в пределах СПЦ были выделены следующие зоны: промышленная зона (ПП № 1 и ПП № 2), селитебно-рекреационная зона (ПП №№ 3–8), а также южная зона, расположенная на территории Стерлитамакского лесничества (ПП № 9) (Рис. 5) (Ибрагимова и др., 2014; Тагирова и Ибрагимова, 2013).

Изменения таксационных показателей древесных насаждений за период 2013–2023 гг. представлены в Табл. 1, параметров ОЖС – в Табл. 2. Изменения ОЖС за десятилетний период зафиксированы на основе оценки состояния модельных деревьев. Представленность видов древесных растений в насаждениях на отдельных территориях отличается, что обусловлено использованием небольшого числа видов при создании лесных культур, посадок в парках и скверах в 1960-е гг.

### ПП № 1

В санитарно-защитных насаждениях на ПП №1, заложенной севернее АО «Стерлитамакский нефтехимический завод», проведена оценка состояния 13 деревьев тополя бальзамического. По сравнению с данными 2013 г. отмечено снижение среднего диаметра деревьев (Табл. 1), что связано с проведением вырубki крупных деревьев с целью обеспечения безопасности (высокая вероятность ветролома).

На данной территории относительное жизненное состояние насаждений тополя бальзамического относится к категории «ослабленное» ( $L_n = 62.3\%$ ). Густота кроны составляет 20–85%.

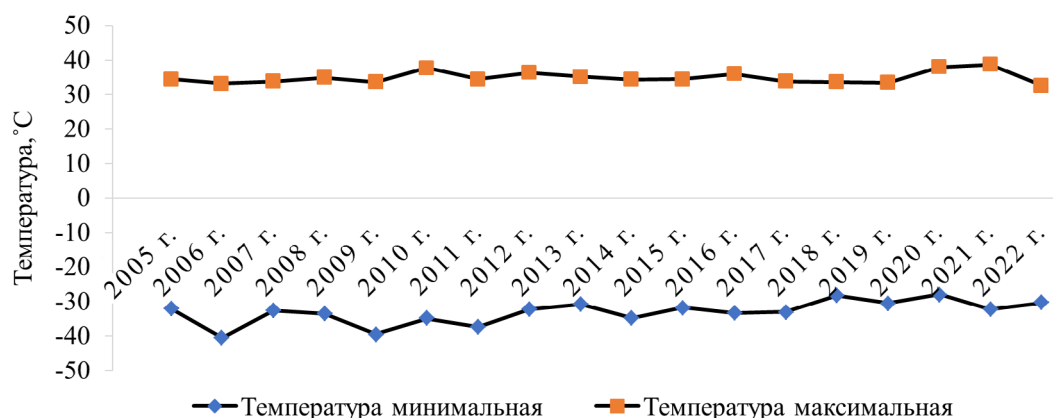


Рис. 3. Динамика изменений температур на территории Стерлитамакского промышленного центра в период 2005–2022 гг., °C (<https://rp5.ru/>).



Рис. 4. Динамика изменений количества выпавших осадков на территории Стерлитамакского промышленного центра в период 2005–2022 гг., мм (<https://rp5.ru/>).

Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 45%. Степень повреждения листьев от 15% до 20%. Суховершинность не выражена. Установлено, что 2 дерева относятся к категории «здоровое», 8 деревьев – «ослабленное», 1 дерево – «сильно ослабленное», 2 дерева – «отмирающее»; деревья категории «сухое» отсутствуют.

#### ПП № 2

В санитарно-защитных насаждениях ПП №2, заложенной севернее АО «Башкирская содовая компания», выполнена оценка состояния 46 деревьев. Их средний диаметр составил 32.1 см, средняя высота – 24.9 м, средний возраст – 43 года.

На данной территории относительное жизненное состояние насаждений тополя бальзамического (21 дерево) относится к категории «ослабленное» ( $L_n = 56.7\%$ ). Густота кроны составляет 45–80%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 45%. Степень повреждения листьев от 5% до 10%. Отмечена суховершинность. 14 деревьев относятся к категории «ослабленное», 5 – «сильно ослабленное», 2 – «отмирающее»; деревья категорий «здоровое» и «сухое» отсутствуют.

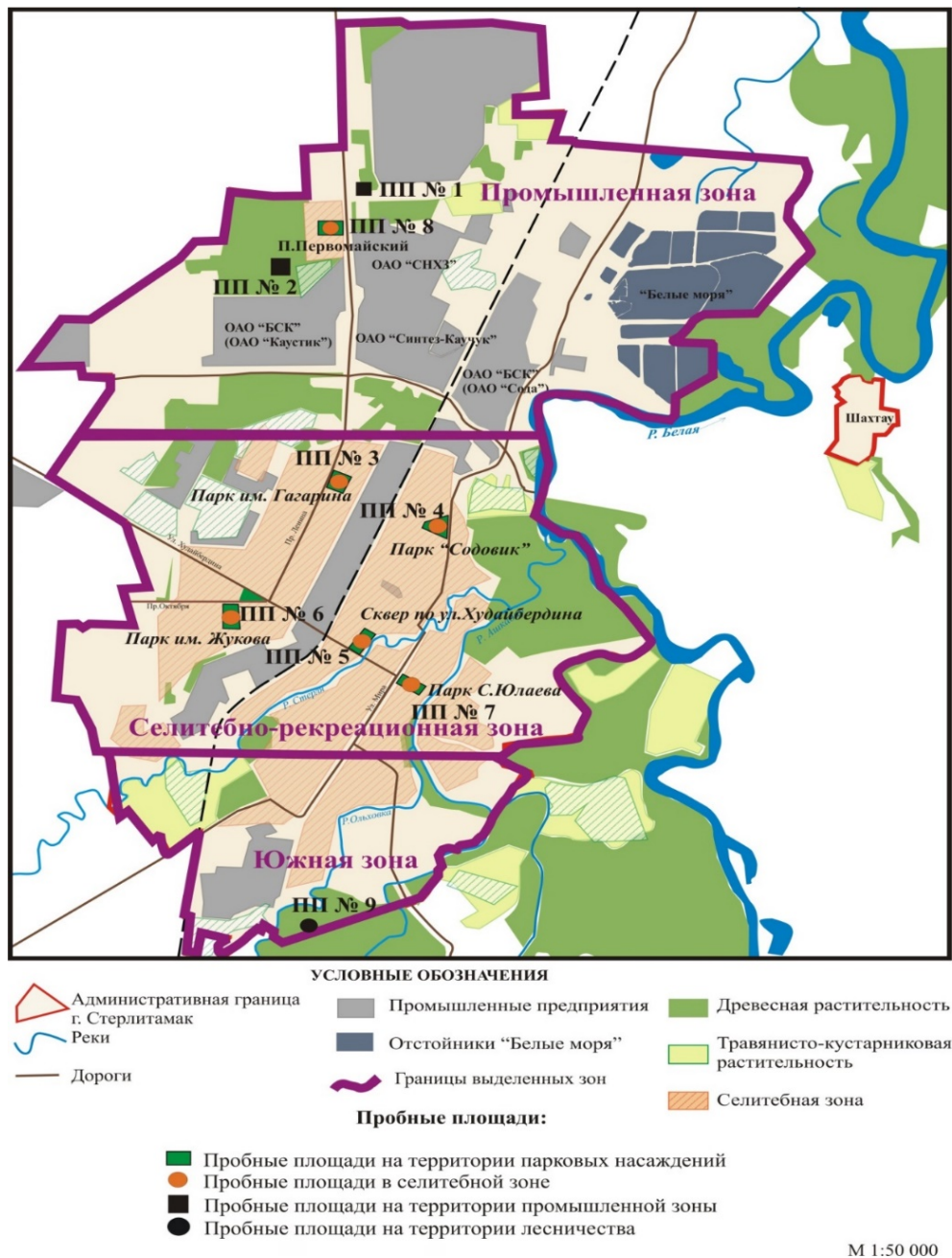
ОЖС березы повислой (25 деревьев) на ПП № 2 относится к категории «здоровое» ( $L_n = 89.2\%$ ). Густота кроны составляет 65–85%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 10%. Степень повреждения листьев от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 16 деревьев относятся к категории «здоровое», 9 – «ослабленное»; деревья категорий «сильно ослабленное», «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

#### ПП № 3

На территории парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина (ПП № 3) выполнена оценка состояния 81 дерева. Средний диаметр 39.3 см, средняя высота 19.8 м, средний возраст 48 года.

На данной территории относительное жизненное состояние насаждений тополя бальзамического (12 деревьев) относится к категории «здоровое» ( $L_n = 92.5\%$ ). Густота кроны составляет 55–85%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 10%. Степень повреждения листьев от 1%





**Рис. 5.** Картограмма г. Sterlitamak с местоположением постоянных пробных площадей (Ибрагимова и др., 2014; Тагирова и Ибрагимова, 2013).

до 10%. Суховершинность не выражена. 9 деревьев относятся к категории «здоровое», 3 – «ослабленное»; деревья категорий «сильно ослабленное», «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

ОЖС насаждений березы повислой (47 деревьев) относится к категории «ослабленное» ( $L_n = 77.0\%$ ). Густота кроны составляет 55–85%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 10%. Степень повреждения листьев от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 16 деревьев относятся к категории «здоровое», 26 – «ослабленное», 5 – «сильно ослабленное»; деревья категорий «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

ОЖС липы мелколистной (12 деревьев) относится к категории «здоровое» ( $L_n = 95.0\%$ ). Густота кроны составляет 80–95%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 10%. Степень повреждения листьев от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 10 деревьев относятся к

**Табл. 1.** Краткая характеристика изменений таксационных показателей древесных насаждений Стерлитамакского промышленного центра за 2013–2023 гг.

Зона	№ ПП	Местоположение	Вид	ОЖС, L <sub>n</sub> , %	
				2013 г.	2023 г.
Промышленная	1	Севернее АО «Стерлитамакский нефтехимический завод»	Тополь бальзамический	40.5	62.3
	2	Севернее АО «Башкирская содовая компания»	Тополь бальзамический	21.3	56.7
			Береза повислая	76.0	89.2
	3	Парк культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина	Тополь бальзамический	83.3	92.5
			Береза повислая	49.0	77.0
			Липа мелколистная	91.0	95.0
			Лиственница Сукачева	67.0	76.0
			Дуб черешчатый	54.0	76.0
	Селитебно-рекреационная	4	Парк культуры и отдыха «Содовик»	Береза повислая	44.0
Липа мелколистная				78.5	93.2
5		Сквер по ул. Худайбердина	Береза повислая	69.5	86.9
			Ель обыкновенная	91.0	92.0
6		Парк им. Г.К. Жукова	Береза повислая	60.0	91.3
			Липа мелколистная	73.0	90.0
			Лиственница Сукачева	94.0	95.6
			Ель обыкновенная	85.0	93.8
7	Парк им. С. Юлаева	Береза повислая	44.0	93.2	
		Ель обыкновенная	75.0	100	
8	Парк вблизи Дома культуры	Береза повислая	73.0	93.2	
Южная	9	Южная часть СПЦ	Тополь бальзамический	36.5	48.6
			Береза повислая	59.5	71.0
			Липа мелколистная	63.5	95.4
<b>Среднее значение</b>				<b>64.9</b>	<b>83.7</b>



**Табл. 2.** Изменения относительного жизненного состояния (ОЖС, %) деревьев в насаждениях Стерлитамакского промышленного центра за 2013–2023 гг.

Зона	№ ПП	Местоположение	Вид	ОЖС, L <sub>n</sub> , %	
				2013 г.	2023 г.
Промышленная	1	Севернее АО «Стерлитамакский нефтехимический завод»	Тополь бальзамический	40.5	62.3
	2		Севернее АО «Башкирская содовая компания»	Тополь бальзамический	21.3
		Береза повислая		76.0	89.2
		3	Парк культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина	Тополь бальзамический	83.3
	Береза повислая			49.0	77.0
	Липа мелколистная			91.0	95.0
	Лиственница Сукачева			67.0	76.0
	Дуб черешчатый			54.0	76.0
	Селитебно-рекреационная	4	Парк культуры и отдыха «Содовик»	Береза повислая	44.0
Липа мелколистная				78.5	93.2
5		Сквер по ул. Худайбердина	Береза повислая	69.5	86.9
			Ель обыкновенная	91.0	92.0
6		Парк им. Г.К. Жукова	Береза повислая	60.0	91.3
			Липа мелколистная	73.0	90.0
			Лиственница Сукачева	94.0	95.6
7		Парк им. С. Юлаева	Ель обыкновенная	85.0	93.8
	Береза повислая		44.0	93.2	
Южная	8	Парк вблизи Дома культуры	Ель обыкновенная	75.0	100
			Береза повислая	73.0	93.2
			Тополь бальзамический	36.5	48.6
9	Южная часть СПЦ	Береза повислая	59.5	71.0	
		Липа мелколистная	63.5	95.4	
<b>Среднее значение</b>				<b>64.9</b>	<b>83.7</b>

категории «здоровое», 2 – «ослабленное»; деревья категорий «сильно ослабленное», «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

ОЖС лиственницы Сукачева (5 деревьев) относится к категории «ослабленное» ( $L_n = 76.0\%$ ). Густота кроны составляет 55–75%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 10%. Степень повреждения листьев от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 2 дерева относятся к категории «здоровое», 2 – «ослабленное», 1 – «сильно ослабленное»; деревья категорий «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

ОЖС дуба черешчатого (5 деревьев) относится к категории «ослабленное» ( $L_n = 76.0\%$ ). Густота кроны составляет 55–75%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 10%. Степень повреждения листьев от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 1 дерево относится к категории «здоровое», 4 – «ослабленное»; деревья категорий «сильно ослабленное», «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

#### **ПП № 4**

На территории парка культуры и отдыха «Содовик» (ПП № 4) выполнена оценка состояния 47 деревьев. Средний диаметр 39.9 см, средняя высота 22.1 м, средний возраст 53 года.

ОЖС березы повислой (25 деревьев) относится к категории «ослабленное» ( $L_n = 73.2\%$ ). Густота кроны составляет 20–85%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 55%. Степень повреждения листьев от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 11 деревьев относятся к категории «здоровое», 8 – «ослабленное», 4 – «сильно ослабленное», 2 – «отмирающее»; деревья категории «сухое» отсутствуют.

ОЖС липы мелколистной (22 дерева) относится к категории «здоровое» ( $L_n = 93.2\%$ ). Густота кроны составляет 75–90%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 0% до 5%. Степень повреждения листьев составляет от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 17 деревьев относятся к категории «здоровое», 5 – «ослабленное»; деревья категорий «сильно ослабленное», «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

#### **ПП № 5**

На территории сквера по ул. Худайбердина (ПП № 5) выполнена оценка состояния 31 дерева. Средний диаметр 26.5 см, средняя высота 13 м, средний возраст 45 лет.

ОЖС березы повислой (16 деревьев) относится к категории «здоровое» ( $L_n = 86.9\%$ ). Густота кроны составляет 55–85%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 10%. Степень повреждения листьев от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 10 деревьев относятся к категории «здоровое», 5 – «ослабленное», 1 – «сильно ослабленное»; деревья категорий «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

ОЖС ели обыкновенной (15 деревьев) относится к категории «здоровое» ( $L_n = 92.0\%$ ). Густота кроны составляет 45–90%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 25%. Степень повреждения хвои от 1% до 20%. Суховершинность не выражена. 12 деревьев относятся к категории «здоровое», 2 – «ослабленное», 1 – «сильно ослабленное»; деревья категорий «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

#### **ПП № 6**

На территории парка им. Г.К. Жукова (ПП № 6) выполнена оценка состояния 97 деревьев. Средний диаметр 23.5 см, средняя высота 13.7 м, средний возраст 43 года.

ОЖС березы повислой (31 дерево) относится к категории «здоровое» ( $L_n = 91.3\%$ ). Густота кроны составляет 55–85%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 15%. Степень повреждения листьев от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 23 дерева относятся к категории «здоровое», 7 – «ослабленное», 1 – «сильно ослабленное»; деревья категорий «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

ОЖС липы мелколистной (15 деревьев) относится к категории «здоровое» ( $L_n = 90.0\%$ ). Густота кроны составляет 70–85%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 10%. Степень повреждения листьев от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 10 деревьев относятся к категории «здоровое», 5 – «ослабленное»; деревья категорий «сильно ослабленное», «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

ОЖС лиственницы Сукачева (27 деревьев) относится к категории «здоровое» ( $L_n = 95.6\%$ ). Густота кроны составляет 55–85%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 10%. Степень повреждения хвои от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 24 дерева относятся к категории «здоровое», 2 – «ослабленное», 1 – «сильно ослабленное»; деревья категорий «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

ОЖС ели обыкновенной (24 дерева) относится к категории «здоровое» ( $L_n = 93.8\%$ ). Густота кроны составляет 75–85%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 10%. Степень повреждения хвои от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 19 деревьев относятся к категории «здоровое», 5 – «ослабленное»; деревья категорий «сильно ослабленное», «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

#### ПП № 7

На территории парка им. С. Юлаева (ПП № 7) выполнена оценка состояния 40 деревьев. Средний диаметр 35.2 см, средняя высота 14.5 м, средний возраст 48 лет.

ОЖС березы повислой (31 дерево) относится к категории «здоровое» ( $L_n = 93.2\%$ ). Густота кроны составляет 75–95%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 5%. Степень повреждения листьев от 1% до 5%. Суховершинность не выражена. 24 дерева относятся к категории «здоровое», 7 – «ослабленное»; деревья категорий «сильно ослабленное», «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

ОЖС ели (9 деревьев) обыкновенной относится к категории «здоровое» ( $L_n = 100\%$ ). Густота кроны составляет 80–90%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 10%. Степень повреждения хвои от 1% до 10%. Суховершинность не выражена. 9 деревьев относятся к категории «здоровое»; деревья категорий «ослабленное», «сильно ослабленное», «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

#### ПП № 8

На территории парка вблизи Дома культуры (ПП № 8) выполнена оценка состояния 31 дерева березы повислой. Относительное жизненное состояние насаждений относится к категории «здоровое» ( $L_n = 93.2\%$ ). Густота кроны составляет 75–90%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 1% до 5%. Степень повреждения листьев от 1% до 5%. Суховершинность не выражена. 24 дерева относятся к категории «здоровое», 7 – «ослабленное»; деревья категорий «сильно ослабленное», «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

#### ПП № 9

На территории зеленой зоны СПЦ (ПП № 9) выполнена оценка состояния 120 деревьев. Средний диаметр 32.8 см, средняя высота 18.2 м, средний возраст 50 лет.

ОЖС тополя бальзамического (51 дерево) относится к категории «сильно ослабленное» ( $L_n = 48.6\%$ ). Густота кроны составляет 20–60%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 5% до 45%. Степень повреждения листьев от 5% до 45%. Отмечена суховершинность. 31 дерево относится к категории «ослабленное», 6 – «сильно ослабленное», 14 – «отмирающее»; деревья категорий «здоровое» и «сухое» отсутствуют.

ОЖС березы повислой (56 деревьев) относится к категории «ослабленное» ( $L_n = 71.0\%$ ). Густота кроны составляет 25–85%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 5% до 25%. Степень повреждения листьев от 5% до 10%. Суховершинность не выражена. 5 деревьев относятся к категории «здоровое», 49 – «ослабленное», 1 – «сильно ослабленное», 1 – «отмирающее»; деревья категории «сухое» отсутствуют.

ОЖС липы мелколистной (13 деревьев) относится к категории «здоровое» ( $L_n = 95.4\%$ ). Густота кроны составляет 75–85%. Наличие на стволе мертвых сучьев 1–10%. Степень повреждения листьев от 1 до 10%. Суховершинность не выражена. 11 деревьев относятся к категории «здоровое», 2 – «ослабленное»; деревья категорий «сильно ослабленное», «отмирающее» и «сухое» отсутствуют.

Сравнительный анализ состояния тополя бальзамического, березы повислой, липы мелколистной, лиственницы Сукачева, ели обыкновенной и дуба черешчатого, произрастающих в разных зонах СПЦ, показал, что в 2013 г. наиболее угнетенными были насаждения в промышленной зоне (состояние тополя бальзамического оценено как «ослабленное» (ОЖС 56.7–62.3%)) и на территории южной части СПЦ (состояние насаждений тополя бальзамического оценено как «сильно ослабленное» (ОЖС 48.6%); березы повислой – как «ослабленное» (ОЖС 71.0%)).

Установлено, что за 10-летний период на фоне снижения объемов годичного поступления промышленных загрязнителей в окружающую среду, а также некоторого увеличения осадков и повышения температуры состояние древесных насаждений улучшилось. В целом за период с 2013 по 2023 гг. на территории СПЦ состояние древесных насаждений с участием ели обыкновенной, лиственницы Сукачева, березы повислой, липы мелколистной, дуба черешчатого и тополя бальзамического улучшилось и изменилось с категории «ослабленное» (64.9%) до категории «здоровое» (83.7%).

## Выводы

В Стерлитамакском промышленном центре с 2013 по 2023 г. произошло снижение объемов промышленных выбросов. Установлено, что в целом за указанный период ОЖС древесных растений изменилось с категории «ослабленные» на категорию «здоровые». Следует указать, что неотъемлемой частью таких положительных изменений выступает своевременное проведение городскими службами мероприятий по уходу за древесными насаждениями (полив, кронирование, рубки ухода и пр.).

Показано, что в условиях промышленной зоны г. Стерлитамака в 2023 г. наиболее устойчивой к комплексу экстремальных природных и техногенных факторов оказалась береза повислая, состояние насаждений которой оценивается в среднем как «здоровое» ( $L_n = 89.2\%$ ). Причинами общего улучшения состояния древесных насаждений СПЦ в течение 10 лет (в период с 2013 г. по 2023 г.) являются эколого-биологические адаптивные особенности древесных растений и их способность к регенерации (симподиальный тип ветвления и роста кроны, восстановление ассимиляционного аппарата после дефолиации и пр.) на фоне снижения выбросов промышленных загрязнителей и незначительных изменений природно-климатических параметров.

Обоснование и принятие решений по вырубке, реконструкции и созданию насаждений в условиях современного города целесообразно проводить на основе ОЖС отдельных деревьев с учетом условий произрастания и расположения насаждений. При этом своевременность и корректность проведения лесохозяйственных мероприятий обеспечивается периодичностью обследования состояния насаждений.

Благоустройство и озеленение территорий и зеленых зон городов необходимо выполнять с учетом антропогенной нагрузки. На основании выполненной оценки состояния насаждений для селитебно-рекреационной зоны вышеперечисленные виды древесных растений рекомендуются к использованию в озеленении СПЦ. Вышеизложенное обуславливает необходимость дифференцированного подхода при организации мероприятий по реконструкции, восстановлению и созданию насаждений в современных промышленных центрах.

## Список литературы

- Алексеев, В.А., 1989. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев. *Лесоведение* 4, 51–57.
- Андреева, Е.Н., Баккал, И.Ю., Горшков, В.В., Лянгузова, И.В., Мазная, Е.А., Нешатаев, В.Ю. и др., 2002. Методы изучения лесных сообществ. НИИХимии СпбГУ, СПб, Россия, 240 с.
- Атлас Республики Башкортостан, 2005. Китап, Уфа, Россия, 420 с.
- Башкортостан: Краткая энциклопедия, 1996. Башкирская энциклопедия, Уфа, Россия, 672 с.
- Буй, Д.Д., Денисова, Н.В., Барышникова, С.В., Шевченко, С.В., Селиховкин А.В., 2020. Актуальные изменения видового состава и плотности популяций насекомых-филлофагов в Санкт-Петербурге. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии* 230, 73–99.
- Буй, Д.Д., Леонтьев, Л.Л., Барышникова, С.В., Селиховкин, А.В., 2021. Последствия массового размножения тополевой нижнесторонней моли-пестрянки и других минирующих микрочешуекрылых в Санкт-Петербурге. *Лесоведение* 4 (4), 372–378.
- Бухарина, И.Л., Поварничина, Т.М., Ведерникова, К.Е., 2007. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. Ижевская ГСХА, Ижевск, Россия, 216 с.
- Бушуева, Е.В., Сродных, Т.Б., 2022. Анализ и предложения по улучшению системы озеленения г. Березовского Свердловской области. *Леса России и хозяйство в них* 1, 85–92.
- Воробьева, М.В., Залесов, С.В., Крекова, Я.А., Михайлов, Ю.Е., Соловьева, М.В., 2020. Альтернатива тополи бальзамическому (*Populus balsamifera* L.) в озеленении г. Екатеринбурга. *Международный научно-исследовательский журнал* 11-1 (101), 92–98. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.101.11.014>

- Гарифзянов, А.Р., 2011. Исследование антиоксидантной системы древесных растений в условиях промышленного загрязнения. *Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук*. Пушино, Россия, 22 с.
- Гиниятуллин, Р.Х., Тагирова, О.В., Кулагин, А.Ю., 2023. Особенности транслокации кадмия в насаждениях липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях загрязнения окружающей среды (Стерлитамакский промышленный центр). *Природообустройство* 3, 116–122.
- Глебова, О.В., Коломыц, Э.Г., Розенберг, Г.С., Сидоренко, М.В., Юнина, В.П., 2000. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ. Наука, Москва, Россия, 286 с.
- Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2022 году, 2023. УГЛТИ, Уфа, Россия, 318 с.
- Залесов, С.В., Луганский, Н.А., 1993. Рубки ухода. УГЛТИ, Екатеринбург, Россия, 112 с.
- Зверев, В.Е., 2012. Влияние промышленного загрязнения на экологию березы Черепанова (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii* (Orlova) Hämet-Ahti) на Кольском полуострове. *Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук*. Екатеринбург, Россия, 19 с.
- Ибрагимова, А.Х., Тагирова, О.В., Гиниятуллин, Р.Х., Кулагин, А.Ю., 2014. Оценка относительного жизненного состояния насаждений березы повислой (*Betula pendula* Roth) и тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в промышленной и селитебной зоне Стерлитамакского промышленного центра. *Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия* 7 (118), 197–206.
- Ибрагимова, А.Х., Тагирова, О.В., Гиниятуллин Р.Х., Кулагин, А.Ю., 2016. Состояние древесных насаждений селитебно-рекреационной и санитарно-защитной зоны Стерлитамакского промышленного центра. *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии* 25 (2), 172–189.
- Кабанова, С.А., Данченко, М.А., Скотт, С.А., Кабанов, А.Н., Цветкова, Н.В., Кириллов, В.Ю., 2021. Сравнительный анализ накопления тяжелых металлов в хвое интродуцентов в зеленой зоне г. Нур-Султан. *Лесотехнический журнал* 11 (4) (44), 57–67.
- Кирдянов, А.В., Мыглан, В.С., Пименов, А.В., Кнорре, А.А., Экарт, А.К., Ваганов, Е.А., 2014. Динамика усыхания лиственницы сибирской в зоне влияния техногенных эмиссий предприятий Норильского промышленного района. *Сибирский экологический журнал* 21 (6), 945–952.
- Клочков, Ю.И., 1991. Закономерности роста, производительность и разработка программ рубок ухода в ельниках искусственного происхождения Центрально-Нечерноземной зоны РСФСР. *Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук*. Гомель, Беларусь, 22 с.
- Кузьмин, С.Р., Карпюк, Т.В., 2022. Продолжительность жизни хвои у климатипов сосны обыкновенной в географических культурах в Красноярском крае. *Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ» «Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития»*. Красноярск, Россия, 330–332.
- Кулагин, А.А., 2009. Об адаптивном потенциале древесных растений и его реализации в экстремальных лесорастительных условиях. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук* 4, 29–37.
- Кулагин, А.Ю., 1991. Регенерационные способности и экологическая видоспецифичность ив. *Экология* 6, 3–6.

- Кулагин, А.Ю., 2003. Адаптациогенез и реализация адаптивного потенциала древесных растений в экстремальных лесорастительных условиях (на примере сем. Salicaceae Lindl.). *Материалы Международной конференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек-3»*. Тольятти, Россия, 141.
- Кулагин, А.Ю., Тагирова, О.В., 2015. Лесные насаждения Уфимского промышленного центра: современное состояние в условиях антропогенных воздействий. Гилем, Башкирская энциклопедия, Уфа, Россия, 196 с.
- Кулагин, Ю.З., 1974. Древесные растения и промышленная среда. Наука, Москва, СССР, 124 с.
- Кулагин, Ю.З., Сергейчик, С.А., 1982. О газоаккумулирующей функции древесных растений. *Экология* 6, 9–15.
- Менщиков, С.Л., Власенко, В.Э., Андреев, Г.В., Барановский, В.В., 2004. Жизненное состояние и особенности строения сосняков в районе Нижнего Тагила. *Леса Урала и хозяйство в них* 25, 55–63.
- Николаевский, В.С., 1979. Биологические основы газоустойчивости растений. Наука, Новосибирск, СССР, 280 с.
- Панкратов, В.К., 2021. Необходимость проведения рубок ухода в вязовых насаждениях с целью омоложения. *Леса России и хозяйство в них* 2 (77), 35–41.
- Сазонов, А.А., Бабуль, Д.А., Пацукевич, П.В., 2023. Повышение устойчивости дубрав выборочными санитарными рубками: проблемы и способы их преодоления. *Труды БГТУ. Серия 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов* 2 (270), 87–99. <https://doi.org/10.52065/2519-402X-2023-270-2-11>
- Тагирова, О.В., 2024. Относительное жизненное состояние насаждений березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях Уфимского промышленного центра: изменения за период 2010–2022 г. *Леса России и хозяйство в них* 1 (88), 83–92.
- Тагирова, О.В., Ибрагимова, А.Х., 2013. Состояние деревьев березы повислой (*Betula pendula* Roth) в парковых насаждениях г. Стерлитамак. *Академический журнал Западной Сибири* 9 (4) (47), 111.
- Тагирова, О.В., Кулагин, А.Ю., 2019. Фенотипические реакции березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях антропогенного воздействия. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук* 21 (2) (88), 45–50.
- Тарабрин, В.П., 1980. Водный режим и устойчивость древесных растений к промышленным загрязнителям. В: Николаевский, В.С. (ред.), *Газоустойчивость растений*. Наука, Новосибирск, СССР, 18–29.
- Тюкавина, О.Н., Корепин, Д.Ю., 2023. Продолжительность жизни хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). *Resources and Technology* 3 (20), 48–59.
- Усманов, И.Ю., Рахманкулова, З.Ф., Кулагин, А.Ю., 2001. Экологическая физиология растений. Логос, Москва, Россия, 224 с.
- Феклистов, П.А., Тутыгин, Г.С., Дрожжин, Д.П., 2005. Состояние сосновых древостоев в условиях аэротехногенного загрязнения атмосферы. АГТУ, Архангельск, Россия, 132 с.

Alpaidze, L., Salukvadze, J., 2023. Green in the city: estimating the ecosystem services provided by urban and peri-urban forests of Tbilisi municipality, Georgia. *Forests* 14 (1), 121. <https://doi.org/10.3390/f14010121>

Kulagin, A.Yu., 2020. Adaptation of *Salix* L. species to dynamic forest habitat conditions: balance of euri-, post-, and preadaptations. *Skvortsovia. International journal of Salicology and Plant Biology* 6 (2), 53–54.

Sensuła, B., Opała, M., Wilczyński, S., Pawełczyk, S., 2015. Long- and short-term incremental response of *Pinus sylvestris* L. from industrial area nearby steelworks in Silesian Upland, Poland. *Dendrochronologia* 36, 1–12.

## References

Alekseev, V.A., 1989. Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derev'ev i drevostoev [Diagnostics of the vital condition of trees and stands]. *Lesovedenie [Forestry]* 4, 51–57. (In Russian).

Alpaidze, L., Salukvadze, J., 2023. Green in the city: estimating the ecosystem services provided by urban and peri-urban forests of Tbilisi municipality, Georgia. *Forests* 14 (1), 121. <https://doi.org/10.3390/f14010121>

Andreeva, E.N., Bakkal, I.Yu., Gorshkov, V.V., Lyanguzova, I.V., Maznaya, E.A., Neshataev, V.Yu. et al., 2002. *Metody izucheniya lesnykh soobshhestv [Methods for studying forest communities]*. Saint Petersburg State University Institute of Chemistry, St. Petersburg, Russia, 240 p. (In Russian).

Atlas Respubliki Bashkortostan [Atlas of the Republic of Bashkortostan], 2005. Kitap, Ufa, Russia, 420 p. (In Russian).

Bashkortostan: Kratkaya entsiklopediya [Bashkortostan: Brief encyclopedia], 1996. Bashkirskaya enciklopediya, Ufa, Russia, 672 p. (In Russian).

Buy, D.D., Denisova, N.V., Baryshnikova, S.V., Shevchenko, S.V., Selihovkin A.V., 2020. Aktualnye izmeneniya vidovogo sostava i plotnosti populyatsii nasekomykh-fillofagov v Sankt-Peterburge [Current changes in the species composition and population density of phyllophagous insects in St. Petersburg]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii [Bulletin of the St. Petersburg Forest Engineering Academy]* 230, 73–99. (In Russian).

Buy, D.D., Leontyev, L.L., Baryshnikova, S.V., Selihovkin, A.V., 2021. Posledstviya massovogo razmnozheniya topolevoi nizhnestoronnei moli-pestryanki i drugih miniruyushhikh mikrocheshuekrylykh v Sankt-Peterburge [Consequences of the mass reproduction of the poplar lower-sided moth-moth and other mining microchiptera in St. Petersburg]. *Lesovedenie [Forestry]* 4 (4), 372–378. (In Russian).

Bukharina, I.L., Povarnitsina, T.M., Vedernikova, K.E., 2007. *Ekologo-biologicheskie osobennosti drevesnykh rastenii v urbanizirovannoi srede [Ecological and biological characteristics of woody plants in an urban environment]*. Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia, 216 p. (In Russian).

Bushueva, E.V., Srodnykh, T.B., 2022. Analiz i predlozheniya po uluchsheniyu sistemy ozeleneniya g. Berezovskogo Sverdlovskoi oblasti [Analysis and suggestions for improving the landscaping system in Berezovsky, Sverdlovsk region]. *Lesa Rossii i khozyaistvo v nikh [Forests of Russia and Their Economy]* 1, 85–92. (In Russian).

Feklistov, P.A., Tutygin, G.S., Drozhzhin, D.P., 2005. Sostoyanie osnovnykh drevostoev v usloviyakh aerotekhnogenogo zagryazneniya atmosfery [The state of pine stands under conditions of aerotechnogenic pollution of the atmosphere]. Arkhangel'sk State Technical University, Arkhangel'sk, Russia, 132 p. (In Russian).



- Garifzyanov, A.R., 2011. Issledovanie antioksidantnoi sistemy drevesnykh rastenii v usloviyakh promyshlennogo zagryazneniya [Study of antioxidant system of woody plants under industrial pollution conditions]. *PhD in Biology thesis abstract*. Pushino, Russia, 22 p. (In Russian).
- Giniyatullin, R.Kh., Tagirova, O.V., Kulagin, A.Yu., 2023. Osobennosti translokatsii kadmiya v nasazhdeniyakh lipy melkolistnoi (*Tilia cordata* Mill.) v usloviyakh zagryazneniya okruzhayushchei sredy (Sterlitamaskii promyshlennyi tsentr) [Features of cadmium translocation in small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.) plantations under environmental pollution conditions (Sterlitamak Industrial Center)]. *Prirodoobustroistvo [Nature Management]* 3, 116–122. (In Russian).
- Glebova, O.V., Kolomyts, E.G., Rozenberg, G.S., Sidorenko, M.V., Yunina, V.P., 2000. Prirodnyi kompleks bolshogo goroda: Landshaftno-ekologicheskii analiz [Natural complexes of the big city: Landscape-ecological analysis]. Nauka, Moscow, Russia, 286 p. (In Russian).
- Gosudarstvennyj doklad o sostoyanii prirodnykh resursov i okruzhayushchei sredy Respubliki Bashkortostan v 2022 godu [State report on the state of natural resources and the surrounding environment of the Republic of Bashkortostan in 2022], 2023. Ufa, Russia, 318 p. (In Russian).
- Ibragimova, A.Kh., Tagirova, O.V., Giniyatullin, R.Kh., Kulagin, A.Yu., 2014. Otsenka odnositel'nogo zhiznennogo sostoyaniya nasazhdenii berezy povisloi (*Betula pendula* Roth) i topolya balzamicheskogo (*Populus balsamifera* L.) v promyshlennoi i selitebnoi zone Sterlitamaskogo promyshlennogo tsentra [Assessment of the relative living condition of plantations of hanging birch (*Betula pendula* Roth) and balsamic poplar (*Populus balsamifera* L.) in the industrial and residential area of the Sterlitamak industrial center]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennonauchnaya seriya [Bulletin of Samara State University. Natural Science Series]* 7 (118), 197–206. (In Russian).
- Ibragimova, A.Kh., Tagirova, O.V., Giniyatullin, R.Kh., Kulagin, A.Yu., 2016. Sostoyaniye drevesnykh nasazhdeniy selitebno-rekreatsionnoy i sanitarno-zashchitnoy zony Sterlitamaskogo promyshlennogo tsentra [The state of tree plantations of the residential-recreational and sanitary protection zone of the Sterlitamak industrial center]. *Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii [Samara Luka: Problems of Regional and Global Ecology]* 25 (2), 172–189. (In Russian).
- Kabanova, S.A., Danchenko, M.A., Skott, S.A., Kabanov, A.N., Tsvetkova, N.V., Kirillov, V.Yu., 2021. Sravnitelnyi analiz nakopleniya tyazhelykh metallov v khvoe introdutsentov v zelenoi zone g. Nursultan [Comparative analysis of the accumulation of heavy metals in the conifers of introduced species in the green zone of the city of Nursultan]. *Lesotekhnicheskii zhurnal [Forests Engineering Journal]* 11 (4 (44)), 57–67. (In Russian).
- Kirdyanov, A.V., Myglan, V.S., Pimenov, A.V., Knorre, A.A., Ekart, A.K., Vaganov, E.A., 2014. Dinamika usykhaniya listvennitsy sibirskoi v zone vliyaniya tekhnogennykh emissii predpriyatii Noril'skogo promyshlennogo raiona [The dynamics of drying of Siberian larch in the zone of influence of man-made emissions from enterprises of the Norilsk industrial district]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal [Siberian Ecological Journal]* 21 (6), 945–952. (In Russian).
- Klochkov, Yu.I., 1991. Zakonomernosti rosta, proizvoditelnost' i razrabotka programm rubok ukhoda v elnikakh iskusstvennogo proishozhdeniya Tsentralno-Nechernozemnoi zony RSFSR [Patterns of growth, productivity and development of thinning programs in artificial spruce forests of the Central Non-Chernozem Zone of the RSFSR]. *PhD in Agriculture thesis abstract*. Gomel, Belarus, 22 p. (In Russian).
- Kuz'min, S.R., Karpyuk, T.V., 2022. Prodolzhitel'nost zhizni khvoi u klimatipov sosny obyknovЕННОй v geograficheskikh kulturakh v Krasnoyarskom krae [The life expectancy of needles in the climatotypes of scots pine in geographical cultures in the Krasnoyarsk Territory]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashhyonnoj 70-letiyu FGBOU VO "Krasnoyarskii GAU" "Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya" [Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the Krasnoyarsk State Agrarian University]*

“*Science and Education: Experience, Problems, Development Prospects*”]. Krasnoyarsk, Russia, 330–332. (In Russian).

Kulagin, A.A., 2009. Ob adaptivnom potentsiale drevesnykh rastenii i ego realizatsii v ekstremalnykh lesorastitelnykh usloviyakh [On the adaptive potential of woody plants and its realization in extreme forest conditions]. *Aktualnye problem gumanitarnykh i estestvennykh nauk [Aktual Problems of Human and Natural Sciences]* 4, 29–37. (In Russian).

Kulagin, A.Yu., 1991. Regeneratsionnye sposobnosti i ekologicheskaya vidospecifichnost iv [Regenerative abilities and ecological species specificity of willow]. *Ekologiya [Ecology]* 6, 3–6. (In Russian).

Kulagin, A.Yu., 2003. Adaptatsiogenez i realizatsiya adaptivnogo potentsiala drevesnykh rastenii v ekstremalnykh lesorastitelnykh usloviyakh (na primere sem. Salicaceae Lindl.) [Adaptationogenesis and realization of the adaptive potential of woody plants in extreme forest conditions (by the example of fam. Salicaceae Lindl.)]. *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii “Ekologicheskie problemy basseinov krupnykh rek-3” [Materials of the International Conference “Environmental problems of large river basins-3”]*. Tolyatti, Russia, 141. (In Russian).

Kulagin, A.Yu., 2020. Adaptation of *Salix* L. species to dynamic forest habitat conditions: balance of euri-, post-, and preadaptations. *Skvortsovia. International journal of Salicology and Plant Biology* 6 (2), 53–54.

Kulagin, A.Yu., Tagirova, O.V., 2015. Lesnye nasazhdeniya Ufimskogo promyshlennogo tsentra: sovremennoe sostoyanie v usloviyakh antropogennykh vozdeistvii [Forest plantations of the Ufa industrial center: current state under anthropogenic impacts]. Gilem, Bashkirskaya enciklopediya, Ufa, Russia, 196 p. (In Russian).

Kulagin, Yu.Z., 1974. Drevesnye rasteniya i promyshlennaya sreda [Woody plants and industrial environment]. Nauka, Moscow, USSR, 124 p. (In Russian).

Kulagin, Yu.Z., Sergeichik, S.A., 1982. O gazoakkumuliruyushhei funktsii drevesnykh rastenii [About the gas storage function of woody plants]. *Ekologiya [Ecology]* 6, 9–15. (In Russian).

Menshnikov, S.L., Vlasenko, V.E., Andreev, G.V., Baranovskii, V.V., 2004. Zhiznennoe sostoyanie i osobennosti stroeniya sosnyakov v raione Nizhnego Tagila [Vital condition and structural features of pine forests in the Nizhny Tagil region]. *Lesnaya Urala i khozyaistvo v nikh [Ural Forests and Their Management]* 25, 55–63. (In Russian).

Nikolaevskii, V.S., 1979. Biologicheskie osnovy gazoustoichivosti rastenii [Biological bases of gas resistance of plants]. Nauka, Novosibirsk, USSR, 280 p. (In Russian).

Pankratov, V.K., 2021. Neobkhodimost provedeniya rubok ukhoda v vyazovykh nasazhdeniyakh s tselyu omolozheniya [The need for logging care in elm plantations for the purpose of rejuvenation]. *Lesnaya Rossiya i khozyaistvo v nikh [Forests of Russia and Their Management]* 2 (77), 35–41. (In Russian).

Sazonov, A.A., Babul', D.A., Patsukevich, P.V., 2023. Povyshenie ustoichivosti dubrav vyborochnymi sanitarnymi rubkami: problemy i sposoby ikh preodoleniya [Improving the stability of oak forests by selective sanitary logging: problems and ways to overcome them]. *Trudy BGTU. Seriya 1, Lesnoe khozyaistvo, prirodopolzovanie i pererabotka vozobnovlyemykh resursov [Proceedings of Belarus State Technological University. Series 1, Forestry, Environmental Management and Processing of Renewable Resources]* 2 (270), 87–99. (In Russian). <https://doi.org/10.52065/2519-402X-2023-270-2-11>

Sensula, B., Opała, M., Wilczyński, S., Pawełczyk, S., 2015. Long- and short-term incremental response of *Pinus sylvestris* L. from industrial area nearby steelworks in Silesian Upland, Poland. *Dendrochronologia* 36, 1–12.

- Tagirova, O.V., 2024. Otnositelnoe zhiznennoe sostoyanie nasazhdenii berezy povislloi (*Betula pendula* Roth) v usloviyakh Ufimskogo promyshlennogo tsentra: izmeneniya za period 2010–2022 gg [Relative vital condition of hanging birch (*Betula pendula* Roth) plantations in the conditions of the Ufa Industrial Center: changes over the period 2010–2022]. *Lesa Rossii i khozyaistvo v nikh [Forests of Russia and Their Management]* 1 (88), 83–92. (In Russian).
- Tagirova, O.V., Ibragimova, A.Kh., 2013. Sostoyanie derevyev berezy povislloi (*Betula pendula* Roth) v parkovykh nasazhdeniyakh g. Sterlitamak [The condition of the hanging birch trees (*Betula pendula* Roth) in the park plantations of Sterlitamak]. *Akademicheskii zhurnal Zapadnoi Sibiri [Akademic Journal of Western Siberia]* 9 (4) (47), 111. (In Russian).
- Tagirova, O.V., Kulagin, A.Yu., 2019. Fenotipicheskie reaktsii berezy povislloi (*Betula pendula* Roth) v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya [Phenotypic reactions of the hanging birch (*Betula pendula* Roth) under conditions of anthropogenic impact]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiiskoi akademii nauk [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]* 21 (2) (88), 45–50. (In Russian).
- Tarabrin, V.P., 1980. Vodnyj rezhim i ustoichivost drevesnykh rastenii k promyshlennym zagryaznitelyam [Water regime and resistance of woody plants to industrial pollutants]. In: Nikolaevskiy, V.S., *Gazoustoichivost rastenii [Gas resistance of plants]*. Nauka, Novosibirsk, USSR, 18–29. (In Russian).
- Tyukavina, O.N., Korepin, D.Yu., 2023. Prodolzhitelnost zhizni khvoi sosny obyknovЕННОй (*Pinus sylvestris* L.) [The life span of the needles of the common pine (*Pinus sylvestris* L.)]. *Resources and Technology* 3 (20), 48–59. (In Russian).
- Usmanov, I.Yu., Rahmankulova, Z.F., Kulagin, A.Yu., 2001. Ekologicheskaya fiziologiya rastenii [Ecological physiology of plants]. Logos, Moscow, Russia, 224 p. (In Russian).
- Vorobyeva, M.V., Zalesov, S.V., Krekova, Ya.A., Mikhailov, Yu.E., Solovieva, M.V., 2020. Alternativa topolyu balzamicheskomu (*Populus balsamifera* L.) v ozelenenii g. Ekaterinburga [An alternative to balsamic poplar (*Populus balsamifera* L.) in the landscaping of Yekaterinburg]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal [International Research Journal]* 11-1 (101), 92–98. (In Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.101.11.014>
- Zalesov, S.V., Luganskii, N.A., 1993. Rubki ukhoda [Care fellings]. Ural State Forest Engineering Institute, Ekaterinburg, Russia, 112 p. (In Russian).
- Zverev, V.E., 2012. Vliyanie promyshlennogo zagryazneniya na ekologiyu berezy Cherepanova (*Betula pubescens* ssp. czerepanovii (Orlova) Hämet-Ahti) na Kol'skom poluostrove [The impact of industrial pollution on the ecology of birch (*Betula pubescens* ssp. czerepanovii (Orlova) Hämet-Ahti) on the Kola Peninsula]. *PhD in Biology thesis abstract*. Ekaterinburg, Russia, 19 p. (In Russian).