

УДК 581.5:581.45:57.042:630*181

UDC 581.5:581.45:57.042:630*181

03.00.00 Биологические науки

Biological sciences

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА
ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
ЛИПЕЦКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА**

**FEATURES OF THE ASSIMILATION
APPARATUS FORMATION OF WOODY
PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE
LIPETSK INDUSTRIAL CENTER**

Дубровина Ольга Алексеевна
Заведующая агрохимической лабораторией
SPIN-код: 7923-0804
e-mail: laboratoria101@mail.ru

Dubrovina Olga Alekseevna
Head of the agrochemical laboratory
SPIN-code: 7923-0804
e-mail: laboratoria101@mail.ru

Логвинов Кирилл Вячеславович
Аспирант
e-mail: synergeticus@mail.ru

Logvinov Kirill Vjacheslavovich
Postgraduate student
e-mail: synergeticus@mail.ru

Афанасов Николай Анатольевич
Аспирант
e-mail: afanasov.na@gidroagregat.ru
*Елецкий государственный университет
им. И.А.Бунина, Елец, Россия*

Afanasov Nikolay Anatoljevich
Postgraduate student
e-mail: afanasov.na@gidroagregat.ru
Bunin Yelets State University, Yelets, Russia

Зайцев Глеб Анатольевич
Д.б.н., профессор
SPIN-код: 3656-1875
Orcid: 0000-0002-6341-3502
e-mail: forestry@mail.ru
Уфимский институт биологии РАН, Уфа, Россия

Zaitsev Gleb Anatoljevich
Dr.Sci.Biol., Professor
SPIN-code: 3656-1875
Orcid: 0000-0002-6341-3502
e-mail: forestry@mail.ru
Ufa Institute of biology of the RAS, Ufa, Russia

В работе представлены данные по росту ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной, березы повислой и дуба черешчатого в условиях Липецкого промышленного центра. Установлено, что динамика роста однолетней и двухлетней хвои сосны в условиях загрязнения выше по сравнению с контролем, при этом абсолютные значения длины и массы хвои меньше. Начиная со второго года, в условиях загрязнения отмечается отставание в росте хвои, которое нарастает к третьему году. Показано, что линейные размеры листовых пластинок березы повислой в условиях загрязнения значительно не изменяются по сравнению с контролем, тогда как линейные размеры листовых пластинок дуба черешчатого в условиях загрязнения меньше контрольных

The article presents data on the growth of an assimilation apparatus of Scots pine, silver birch and pedunculate oak in the conditions of the Lipetsk industrial center. It is established that the growth dynamics of annual and biennial needles of Scots pine under pollution is higher compared to the control, while absolute values of length and mass of needles less. Starting from the second year, in the conditions of contamination noted stunted pine needle growth, which increases by the third year. It is shown that the linear dimensions of the lamina of birch in the conditions of pollution are not changing much compared to the control, whereas the linear dimensions of the lamina of pedunculate oak in the conditions of pollution is less than the control

Ключевые слова: СОСНА ОБЫКНОВЕННАЯ, БЕРЕЗА ПОВИСЛАЯ, ДУБ ЧЕРЕШЧАТЫЙ, ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, АССИМИЛЯЦИОННЫЙ АППАРАТ, АДАПТАЦИЯ, ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ЛИПЕЦКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЦЕНТР

Keywords: SCOTS PINE, SILVER BIRCH, PEDUNCULATE OAK, RELATIVE VITAL CONDITION, ASSIMILATION APPARATUS, ADAPTATION, INDUSTRIAL POLLUTION, LIPETSK INDUSTRIAL CENTER

Doi: 10.21515/1990-4665-128-022

Введение.

Липецкая область является развитым промышленным регионом России. Промышленный сектор представлен более чем 200 крупными предприятиями черной металлургии, машиностроения и металлообработки, химической, пищевой и других отраслей. Все это обуславливает высокий уровень промышленного загрязнения, в 2015 году объем выбросов от стационарных источников составил 327,7 тыс.т [2]. На территории области располагается один из крупнейших в России металлургических комбинатов – ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (НЛМК). На долю НЛМК приходится 84,3% всех выбросов в атмосферу от стационарных источников Липецкой области, объем которых в 2015 году составил 276,4 тыс.т [3]. В структуре промышленных выбросов преобладают СО (70,1%), твердые частицы (7,1%) и NO_x (7,0%) [2].

Липецкая область характеризуется низкой лесистостью, общая площадь лесного фонда составляет всего 7,52% от территории области (180,5 тыс.га), на долю лесных культур насаждений естественного происхождения приходится 45,2% от общей лесопокрытой площади. Лесистость по районам области неравномерная и колеблется от 0,2% до 20%, основные лесные массивы (как естественного происхождения, так и культуры) расположены по долинам рек Дон и Воронеж. В лесном фонде Липецкой области преобладающими породами являются сосна (34,2% лесопокрытой площади), дуб низкоствольный (28,8%), дуб высокоствольный (9,3%) и береза (12,9%) [9].

Древесные растения в городской среде являются эффективным средством снижения загрязнения окружающей среды за счет поглощения и нейтрализации атмосферных токсикантов [8, 1, 11, 7, 12, 6, 4]. При этом вопросы устойчивости древесных растений к различным видам загрязнения окружающей среды остаются слабоизученными. Отсутствуют

подробные исследования роста и развития древесных растений в пределах промышленного загрязнения Липецкой области. С целью оценки устойчивости древесных растений к действию промышленного загрязнения были изучены особенности формирования ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), березы повислой (*Betula pendula* Roth) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в пределах Липецкого промышленного центра.

Объекты и методика исследований.

Исследования проводились в одновозрастных насаждениях сосны обыкновенной, березы повислой и дуба черешчатого на территории Грязинского лесничества Липецкой области (рис.1).

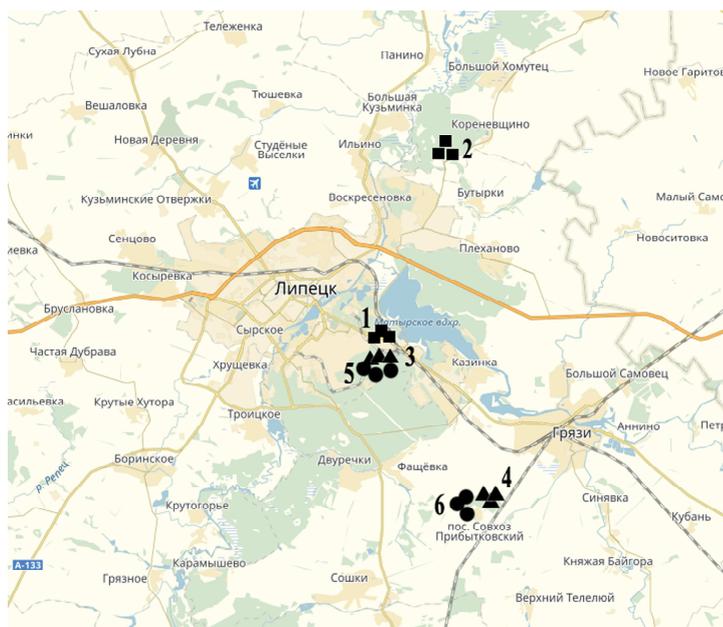


Рис.1. Картосхема расположения пробных площадей на территории Липецкого промышленного центра: 1-2 – сосна обыкновенная, 3-4 – береза повислая, 5-6 – дуб черешчатый

Закладка и описание постоянных пробных площадей проводилась по стандартной методике [10], краткая таксационная характеристика изученных насаждений представлена в таблице. Пробные площади на

территории Липецкого промышленного центра располагались в непосредственной близости от НЛМК в районе агломерационной фабрики и Липецкой ТЭЦ. Контрольные пробные площади в насаждениях сосны обыкновенной были заложены в 17,5 км к северу от НЛМК (окрестности села Капитанщино), для березы повислой и дуба черешчатого – в 17 км к юго-востоку от НЛМК (окрестности села Красная Дубрава).

Таблица. Краткая таксационная характеристика насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), березы повислой (*Betula pendula* Roth) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях Липецкого промышленного центра

Порода	Расположение	Состав древостоя	Средний диаметр, см	Средняя высота, м
Сосна обыкновенная	Загрязнение	9С1Б	30	28
	Контроль	10С	28	30
Береза повислая	Загрязнение	10Б	31	21
	Контроль	10Б	26	20
Дуб черешчатый	Загрязнение	10Д	46	22
	Контроль	10Д	36	23

Изучение роста ассимиляционного аппарата (в вегетационной динамике, с мая по август) проводили по стандартной методике [5]. Ежемесячно отбиралось не менее 50 образцов хвои/листьев (для каждой для каждой пробной площади). Длина хвои (первого, второго и третьего года), ширина и длина листовых пластинок определялась цифровым штангенциркулем 1 класса точности (Калиброн, Россия) с точностью до 0,01 мм. Масса хвои и листьев определялась в воздушно-сухом состоянии на электронных лабораторных весах I класса точности AND GF-200 (A&D, Япония) с точностью до 0,001 г.

Результаты и обсуждение.

Исследования показали, что в условиях загрязнения Липецкого промышленного центра длина и масса хвои меньше по сравнению с контролем (рис.2). В течение вегетационного периода (с мая по август) однолетняя хвоя сосны в условиях загрязнения увеличивается на 41,30 мм, в контроле – на 38,70 мм; длина двухлетней хвои увеличивается на 18,80 и 7,80 мм соответственно; длина трехлетней хвои в условиях загрязнения увеличивается на 6,50 мм, в контроле – на 13,70 мм.

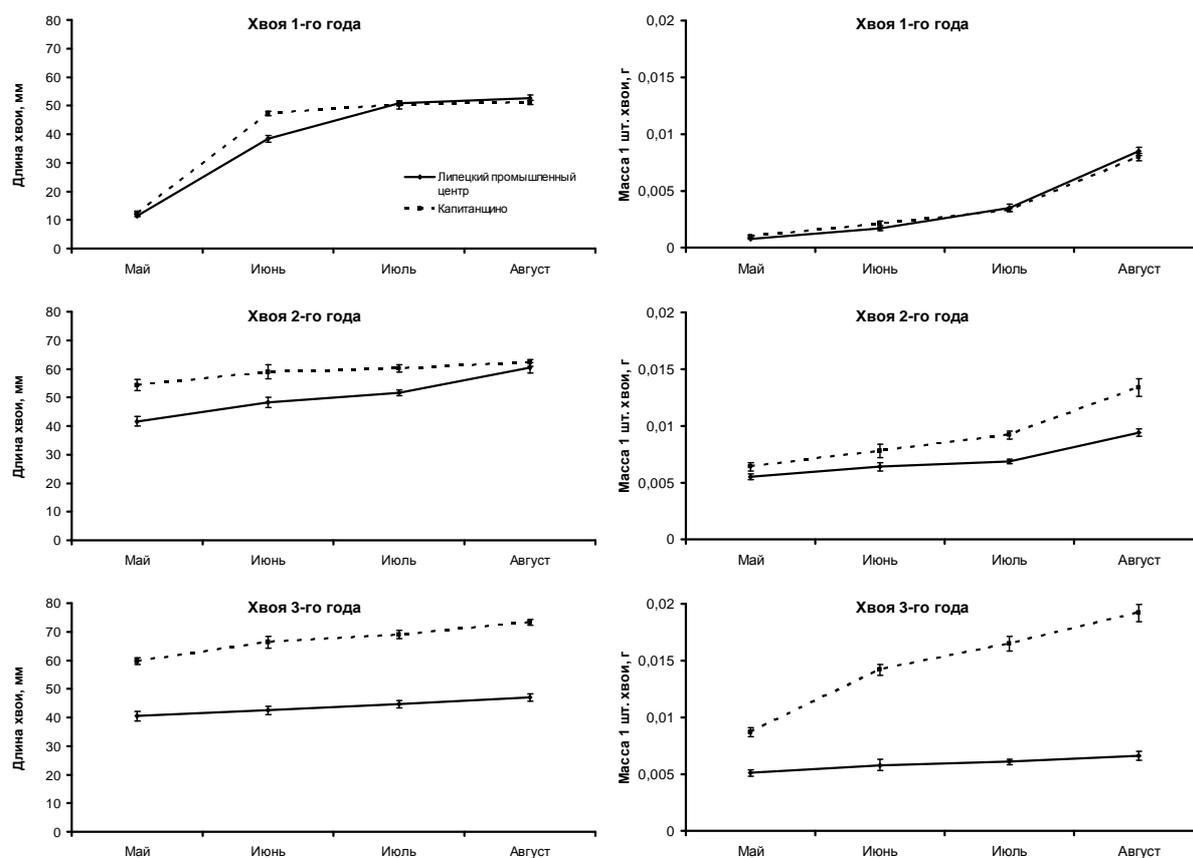


Рис.2. Длина и масса хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Липецкого промышленного центра

Масса однолетней хвои (1 хвоинки) в условиях загрязнения Липецкого промышленного центра в течение вегетационного периода увеличивается на 0,00769 г, в контроле – на 0,00701 г; масса двухлетней хвои в условиях загрязнения увеличивается на 0,0039 г, в контроле – на 0,0070 г; масса трехлетней хвои на 0,0015 и 0,0105 г соответственно.

Линейные размеры листовых пластинок березы повислой (рис.3) в условиях промышленного загрязнения значительно не изменяются по сравнению с контрольными значениями, за исключением августа, когда происходит снижение ширины листа (загрязнение – 49,78 мм, контроль – 60,38 мм). В течение вегетационного периода (с мая по август) в условиях длина листовых пластинок березы увеличивается на 17,31 мм, ширина – на 5,09 мм, в контроле длина листьев увеличивается на 21,80 мм, ширина – на 18,19 мм.

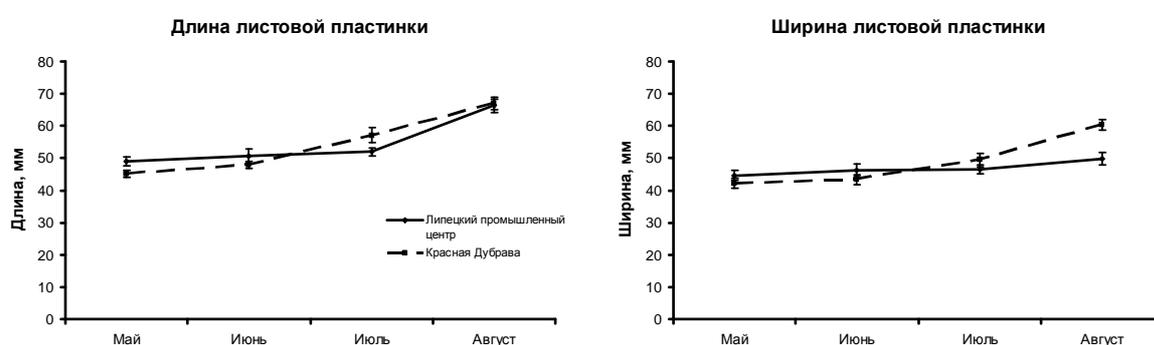


Рис.3. Длина и ширина листовых пластинок березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях Липецкого промышленного центра

Линейные размеры листовых пластинок дуба черешчатого (рис.4) в условиях загрязнения меньше контрольных, но к августу листья в условиях загрязнения и в контроле имеют одинаковые размеры. В условиях длина листовых пластинок дуба увеличивается на 34,58 мм, ширина – на 36,4 мм, в контроле длина листьев увеличивается на 23,28 мм, ширина – на 23,31 мм.

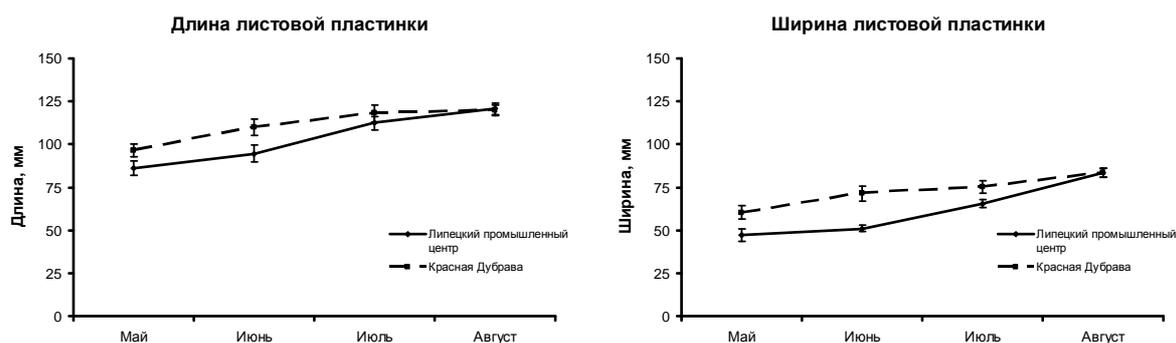


Рис.4. Длина и ширина листовых пластинок дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях Липецкого промышленного центра

Значительных изменений массы листовых пластинок березы повислой (рис.5.) в условиях промышленного загрязнения не выявлено. Исключение составляет август, когда в контроле установлен факт увеличения массы (в 1,37 раза) листовых пластинок по сравнению с условиями загрязнения. Масса листовых пластинок березы в условиях загрязнения увеличивается на 0,0352 г, в контроле – на 0,1375 г. Изменения массы листовых пластинок дуба черешчатого сходны с изменениями линейных параметров (длины и ширины). Исключение составляет август, когда в условиях загрязнения отмечается уменьшение массы листьев по сравнению с контролем. Масса листовых пластинок дуба в условиях загрязнения увеличивается на 0,3051 г, в контроле – на 0,3075 г.

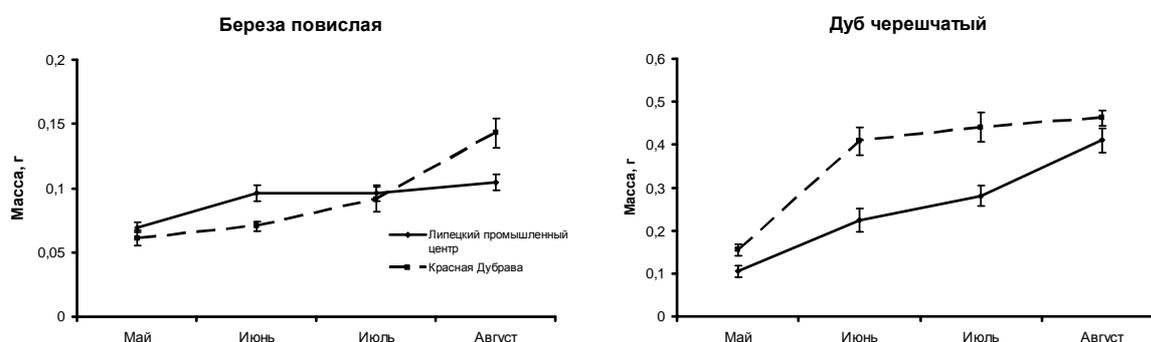


Рис.5. Масса листовых пластинок березы повислой (*Betula pendula* Roth) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях Липецкого промышленного центра

Анализируя результаты исследований, следует отметить, то скорость роста однолетней и двухлетней хвой в условиях загрязнения выше по сравнению с контролем, при этом длина хвой данных возрастов выше контроле. Кроме того, однолетняя хвоя в условиях загрязнения практически не отстает в росте (по длине и по массе) от хвой,

формирующейся в условиях контроля. Но со второго года в условиях загрязнения происходит отставание в росте хвои (по длине и массе), которое нарастает к третьему году. Аналогично в условиях загрязнения развиваются листовые пластинки дуба – скорость роста по длине и ширине выше по сравнению с контролем, но при этом линейные размеры листовых пластинок и скорость увеличения массы в условиях загрязнения ниже. Линейные размеры листовых пластинок березы в условиях загрязнения и в контроле практически одинаковы, при этом скорость роста (по длине и ширине) и увеличения массы листовых пластинок березы выше в условиях контроля.

Таким образом, несмотря на значительное загрязнение воздушного бассейна Липецкого промышленного центра (276,4 тыс.т) не отмечается значительных изменений в формировании ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной, березы повислой и дуба черешчатого. Это можно объяснить структурой выбросов от стационарных источников – преобладание монооксид углерода (СО), на долю которого приходится 70,1% выбросов. Монооксид углерода является сравнительно малотоксичным для растений [1], так как растения обладают способностью окислять его до углекислого газа и затем связывать в фотосинтетическом цикле, а его отрицательное влияние на растения проявляется только при сравнительно высоких концентрациях.

Отмеченные различия в вегетационной динамике формирования ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной, березы повислой и дуба черешчатого можно рассматривать в качестве адаптивных реакций на действие промышленного загрязнения, направленных на обеспечение устойчивого роста и развития в данных антропогенных лесорастительных условиях.

Заключение.

1. Длина и масса хвои сосны обыкновенной в условиях промышленного загрязнения меньше по сравнению с контролем. При этом, не отмечается значительных изменений в росте однолетней хвое в условиях загрязнения.

2. Основной рост листовых пластинок березы повислой и дуба черешчатого отмечается в первой половине вегетационного периода.

3. Ассимиляционный аппарат березы повислой более устойчив к действию промышленного загрязнения (не отмечается значительного снижения длины, ширины и массы листьев) по сравнению с дубом черешчатого, у которого отмечается снижение линейных параметров и массы листовых пластинок (за исключением августа).

4. Выявленные различия в вегетационной динамике формирования ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной, березы повислой и дуба черешчатого можно рассматривать в качестве адаптивных реакций на действие промышленного загрязнения, направленных на обеспечение устойчивого роста и развития в данных экстремальных лесорастительных условиях.

5. Несмотря на снижение линейных параметров ассимиляционного аппарата у изученных видов в условиях загрязнения Липецкого промышленного центра не отмечается гибели насаждений сосны обыкновенной, березы повислой и дуба черешчатого. Можно предположить, что данные насаждения будут и далее успешно продолжать выполнять свои санитарно-защитные функции.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 16-44-480262).

Список литературы.

1. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. М.: Наука, 1986. 172 с.

2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2016. 639 с.
3. Доклад «Состояние и охрана окружающей среды Липецкой области в 2015 году». Липецк: Управление экологии и природных ресурсов Липецкой области; Вeda социум, 2016. 260 с.
4. Зайцев Г.А., Кулагин А.Ю. Сосна обыкновенная и нефтехимическое загрязнение: дендрэкологическая характеристика, адаптивный потенциал и использование. М.: Наука, 2006. 124 с.
5. Клейн Р.М., Клейн Д.Т. Методы исследования растений. М.: Колос, 1974. 527 с.
6. Кулагин А.А., Зайцев Г.А. Лиственница Сукачева в экстремальных лесорастительных условиях Южного Урала. М.: Наука, 2008. 171 с.
7. Кулагин А.А., Шагиева Ю.А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. М.: Наука, 2005. 190 с.
8. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 125 с.
9. Лесной план Липецкой области. Книга 1. Воронеж: Администрация Липецкой области; Управление лесного хозяйства; Воронежлеспроект, 2014. 394 с.
10. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
11. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М.: Изд-во МГУЛ, 1998. 191 с.
12. Павлов И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2005. 370 с.
13. Smith W.H. Air pollution and forest. Interaction between air contaminants and forest ecosystems. New York: Springer, 1981. 379 p.

References

1. Artamonov V.I. Rasteniya i chistota prirodnoj sredy. M.: Nauka, 1986. 172 s.
2. Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2015 godu». M.: Minprirody Rossii; NIA-Priroda, 2016. 639 s.
3. Doklad «Sostojanie i ohrana okruzhajushhej sredy Lipeckoj oblasti v 2015 godu». Lipeck: Upravlenie jekologii i prirodnyh resursov Lipeckoj oblasti; Veda socium, 2016. 260 s.
4. Zaitsev G.A., Kulagin A.Yu. Sosna obyknovennaja i neftehimicheskoe zagrjaznenie: dendrojekologicheskaja harakteristika, adaptivnyj potencial i ispol'zovanie. M.: Nauka, 2006. 124 s.
5. Klejn R.M., Klejn D.T. Metody issledovanija rastenij. M.: Kolos, 1974. 527 s.
6. Kulagin A.A., Zaitsev G.A. Listvennica Sukacheva v jekstremal'nyh lesorastitel'nyh uslovijah Juzhnogo Urala. M.: Nauka, 2008. 171 s.
7. Kulagin A.A., Shagieva Yu.A. Drevesnye rasteniya i biologicheskaja konservacija promyshlennyh zagrjaznitelej. M.: Nauka, 2005. 190 s.
8. Kulagin Yu.Z. Drevesnye rasteniya i promyshlennaja sreda. M.: Nauka, 1974. 125 s.
9. Lesnoj plan Lipeckoj oblasti. Kniga 1. Voronezh: Administracija Lipeckoj oblasti; Upravlenie lesnogo hozjajstva; Voronezhlesproekt, 2014. 394 s.
10. Metody izuchenija lesnyh soobshhestv. SPb.: NIИhimii SpbGU, 2002. 240 s.
11. Nikolaevskij V.S. Jekologicheskaja ocenka zagrjaznenija sredy i sostojanija nazemnyh jekosistem metodami fitoindikacii. M.: Izd-vo MGUL, 1998. 191 s.
12. Pavlov I.N. Drevesnye rasteniya v uslovijah tehnogennoho zagrjaznenija. Ulan-Udje: BNC SO RAN, 2005. 370 s.

13. Smith W.H. Air pollution and forest. Interaction between air contaminants and forest ecosystems. New York: Springer, 1981. 379 p.