

resheniya. Kirov. Vyatka State University. 2017. pp. 91-95 [in Russian]

5. Malinovsky A.A. Effect of light level under the canopy on the yield of cranberries in conditions of Middle-Ob Bor in Altai Krai. *Vestnik AGAU*. 2016. No 4 (138). pp. 105-109 [in Russian]

6. Oleshko G. I., Dontsov N. A., Borisova, N.A. Reserves of wild medicinal plants in the South-Western regions of the Sverdlovsk region. *Rastit. Resursy*. 1985. Vol 21. Issue 4. pp. 411-417 [in Russian]

7. Bunkova N.P., Zalesov S.V., Zoteeva E.A., Magasumova A.G.. The basics of phytomonitoring: Proc. manual. Yekaterinburg: Ural. State Forest Eng. Univ. 2011. 89 p. [in Russian]

8. State and prospects of using non-wood

forest resources: collection of articles (international scientific and practical conference; Kostroma, September 10-11, 2013). Pushkino. VNIILM. 2014. 208 p. [in Russian]

9. Turyshev A.Yu. Methodological approaches to the application of modern information technologies in medicinal resource studies. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. No 4. pp. 563-569 [in Russian]

10. Shcherbakov N.M., Sakovets V.I., Kuchko A.A., Zaitseva N.P., Voronova T.G., Belonogova T.V. Accounting and use of resources of useful plants in the forests of southern Karelia. Petrozavodsk. Kar. Branch of the USSR Academy of Sciences, 1982. 38 p. [in Russian]

УДК 630*181.351

DOI: 10.34655/bgsha.2020.61.4.022

Е.М. Рунова, И.А. Гарус, А.Н. Мухачева

СОСТОЯНИЕ PINUS SYLVESTRIS L. В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., ствол, импульсный томограф Arbotom®, состояние древесины.

Целью работы являлась инструментальная оценка состояния городских древесных насаждений г. Братска (на примере сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.) с использованием методов импульсной томографии и оценка их эффективности математическими методами. Измерения проводились с использованием импульсного томографа Arbotom® фирмы Rinntech® на трех пробных площадях в разных частях города с различными условиями рекреационной нагрузки, типов условий произрастания. Городские зеленые насаждения составляют ориентировочно 25,9% общей территории города Братска. Достаточно большая часть древесной растительности Братска имеет естественное происхождение, то есть является сохраненными при проектировании и строительстве города участками лесного массива. Основу видового состава дендроценозов жилых районов города составляют: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), осина (*Populus tremula* L.). Тип леса определить невозможно из-за высокого уплотнения почвы и отсутствия характерного для леса живого напочвенного покрова. Методика исследований заключалась в закладке пробных площадей с количеством деревьев от 100 до 850 по общепринятым методикам с определением основных таксационных показателей. На пробных площадях исследовались модельные деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с использованием томографа. Всего было обследовано 25 модельных деревьев различного жизненного состояния и качества ствола и кроны, а также толщины модельных деревьев. Полученные в ходе измерений данные обрабатывались методом кластерного анализа. На основании полученных результатов были сделаны выводы о наличии внутренних пороков во всех исследованных модельных деревьях (12,15-78,93%) и общей угнетенности древесной растительности рассматриваемых пробных площадок, сходных по структуре внутренним разбросом значений в выборках, что говорит об общем сходстве данных насаждений между собой по уровню рекреационной нагрузки.

E. Runova, I. Garus, A. Mukhacheva

CONDITION OF *PINUS SYLVESTRIS* L. AT HIGH ANTHROPOGENIC LOAD

Keywords: *Pinus sylvestris* L., trunk, pulse tomograph Arbotom®, wood condition,

The aim of the work was to perform an instrumental assessment of the state of urban tree plantations in Bratsk (using the example of the Scots pine *Pinus sylvestris* L.) using pulse tomography methods and evaluating their effectiveness using mathematical methods. Measurements were carried out using an Arbotom® pulse tomograph from Rinntech® on three test areas in different parts of the city with different recreational load conditions and types of growing conditions. Urban green spaces make up approximately 25.9% of the total territory of the city of Bratsk. Quite a large part of the woody vegetation of Bratsk is of natural origin, that is, it is preserved during the design and construction of the city areas of woodland. The basis of the species composition of dendrocenoses in residential areas of the city are: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Siberian larch (*Larix sibirica* Ldb.), downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.), aspen (*Populus tremula* L.), forest type. The research method consisted in laying out test areas with the number of trees from 100 to 850 according to generally accepted methods with the determination of the main taxation indicators. Model trees of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) were studied in the test areas.) using the CT scanner. A total of 25 model trees of various life conditions and trunk and crown quality, as well as the thickness of model trees, were examined. The data obtained during the measurements were processed using the cluster analysis method. On the basis of the obtained results conclusions were drawn about the presence of internal defects in all studied model (12,15-78,93%) and total oppression of woody vegetation is considered trial sites; similar in structure internal variation in the samples, which indicates a General similarity of these cultivars among themselves on the level of recreational load.

Рунова Елена Михайловна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры воспроизводства лесных ресурсов; e-mail: runova0710@mail.ru

Elena M. Runova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Forest Resources Reproduction Chair; e-mail: runova0710@mail.ru

Гарус Иван Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры воспроизводства лесных ресурсов; e-mail: ivan-garus@yandex.ru

Ivan A. Garus, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Forest Resources Reproduction Chair; e-mail: ivan-garus@yandex.ru

Мухачева Анастасия Николаевна, аспирант кафедры воспроизводства лесных ресурсов
Anastasiya N. Mukhacheva, postgraduate student of the Forest Resources Reproduction Chair

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», Братск, Российская Федерация
Bratsk State University, Bratsk, Russian Federation

Введение. Городские зеленые насаждения являются неотъемлемой частью комфортной среды обитания человека. Помимо участия в регулировании светового, теплового, водного балансов урбоэкосистемы, древесная растительность городов имеет важную санитарную функцию: шумо-, газо- и пылеподавления, а в некоторых случаях и бактерицидного воздействия [1, 4, 5]. С учетом высокого уровня антропогенной нагрузки на городские дендроценозы, а также сложностей с воспроизводством и заменой их в усло-

виях городской застройки, особую актуальность приобретает мониторинг состояния растущей древесины, в том числе с применением инструментальных методов.

Благодаря современным разработкам в сфере инструментальных измерений состояния древесины, осуществление подобного мониторинга стало возможным без существенных нарушений целостности исследуемых объектов [8]. К таким методам неразрушающего контроля растущей древесины относится и импульсная томография [9].

Материалы и методы. Место проведения исследования: Иркутская область, город Братск, жилой район Энергетик (рис. 1). Городская застройка и примыкающие к ней территории находятся в зоне подтаежных сосновых природных комплексов [3]. Городские зеленые насаждения составляют ориентировочно 25,9% общей территории города Братска. Достаточно большая часть древесной растительности Братска имеет естественное происхождение, то есть являются сохраненными при проектировании и строительстве города участками лесного массива. Основу видового состава дендроценозов

жилых районов города составляет сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), осина (*Populus tremula* L.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), [2].

В обследуемом районе были заложены 3 пробные площадки. Пробные площадки относятся к территориям с высокой антропогенной нагрузкой, так как расположены вдоль автомобильных дорог и непосредственной близости от жилых и общественных зданий и являются частью парков с высокой рекреационной нагрузкой.



Рисунок 1. Места расположения пробных площадей

В качестве объекта исследования на пробных площадях были выбраны модельные деревья *Pinus sylvestris* L. (сосны обыкновенной) общим количеством 25 штук с различным качеством ствола и кроны: 5 деревьев на опытной площадке №1 и по 10 деревьев на пробных площадях № 2 и 3.

Для оценки внутреннего состояния древесины использовался импульсный томограф Arbotom® фирмы RINNTECH. Вибродатчики размещались на одной высоте на равном расстоянии друг от друга (рис. 2). Стандартным расстоянием между датчиками было принято 10 см, минимальным числом датчиков – 9-10 штук [10]. Программное обеспечение производителя (DECOM) позволило представить полученные результаты в виде двумерных графиков (томограмм). Зоны де-

струкции на томограммах определялись визуально с учетом средней скорости прохождения импульса для рассматриваемого экземпляра и для общей выборки, а также рисунка плотностного распределения. Цветовая характеристика учитывалась только при анализе распределения скоростей, так как градуировочная шкала Arbotom® является «плавающей», то есть формируется индивидуально под каждое конкретное измерение. Таким образом, прямое соотнесение «цвет-состояние» невозможно. Площадь деструкции в сечении ствола определялась наложением палетки размером 20*20 ячеек (рис. 2).

Поскольку обычными регрессионными способами математической обработки результатов исследования в данном случае получить невозможно, так как на каждом дереве результаты отличаются,

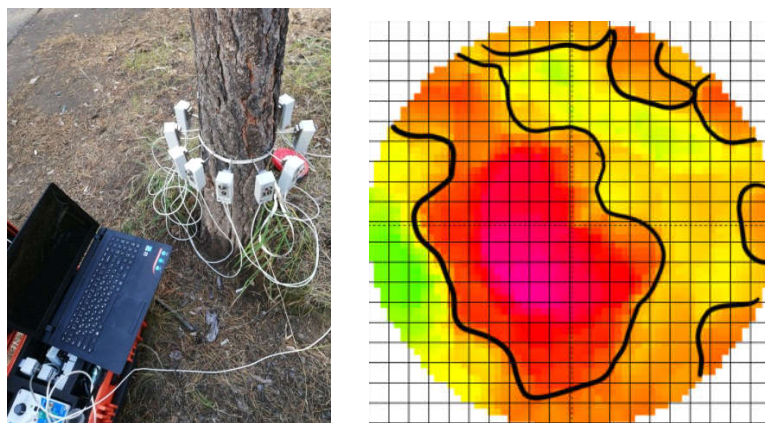


Рисунок 2. Измерение с применением Arbotom® (слева) и образец полученной томограммы с выделенными зонами деструкции и наложением на нее палетки

то был использован метод кластерного анализа. Результаты обрабатывались с применением агломеративной иерархической кластеризации. С учетом характера выборки в качестве расстояния между объектами было принято Евклидово расстояние. Объединение кластеров производилось по алгоритму полной связи (методу дальнего соседа).

Характер полученных томограмм говорит о неоднородном распределении плотности древесины изученных модельных деревьев. Значения скорости прохождения варьируются от 912 до 2018 м/с. Максимальная частота встречаемости приходится на диапазон значений 1031- 1339 м/с (65%) для площади №1 и 1028-1362 м/с (58%) для площади №2. Совокупно по двум площадям 66 % значений попадают в диапазон 1003-1349 м/с. Данные результаты ниже средних значе-

ний, полученных в аналогичных исследованиях [7], что говорит об общем снижении прочности древесины.

Для проведения количественной оценки состояния отдельных образцов и совокупности выборки, а также сопоставления данных модельных деревьев и пробных площадей между собой были выбраны и рассчитаны следующие показатели: доля содержания гнили в сечении ствола в процентах и средняя (арифметическая) скорость импульса. При этом из расчета удалялись значения последовательно расположенных датчиков для снижения влияния на расчет несущественных для исследования периферийных нарушений плотности (сучков, трещин коры) [6]. Результаты расчетов параметров исследованных модельных деревьев приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные интерпретации томограмм пробных площадей 1-3

№ дерева	У шейки корня		На высоте груди	
	содержание гнили, %	средняя скорость импульса, м/мин	содержание гнили, %	средняя скорость импульса, м/мин
1	49,53	11,83	78,93	11,57
2	66,36	12,66	52,81	16,85
3	15,99	16,61	15,31	15,93
4	70,75	10,17	42,41	13,55
5	24,05	17,32	31,66	16,61
6	44,06	14,54	27,02	16,05
7	21,74	17,66	19,06	16,11
8	25,08	17,53	26,17	16,86
9	12,58	19,63	15,87	18,38
10	43,33	12,76	47,28	23,60
11	25,47	16,47	21,88	17,82
12	22,74	16,35	39,50	16,61

Продолжение таблицы 1

13	23,51	18,26	25,08	17,15
14	62,07	19,76	35,13	16,12
15	35,31	17,73	26,10	18,24
16	10,94	19,19	20,81	18,07
17	23,20	17,51	41,96	17,35
18	17,35	16,88	15,77	18,20
19	12,38	18,76	17,14	15,46
20	30,75	17,74	12,15	16,08
21	37,62	17,50	22,86	18,39
22	31,56	17,99	19,94	17,59
23	16,30	18,34	24,52	17,03
24	27,04	18,89	21,59	19,14
25	24,44	18,97	44,20	19,83

На основе полученных данных произведено построение дендрограмм на основе алгоритма полной связи (рис. 4-7).

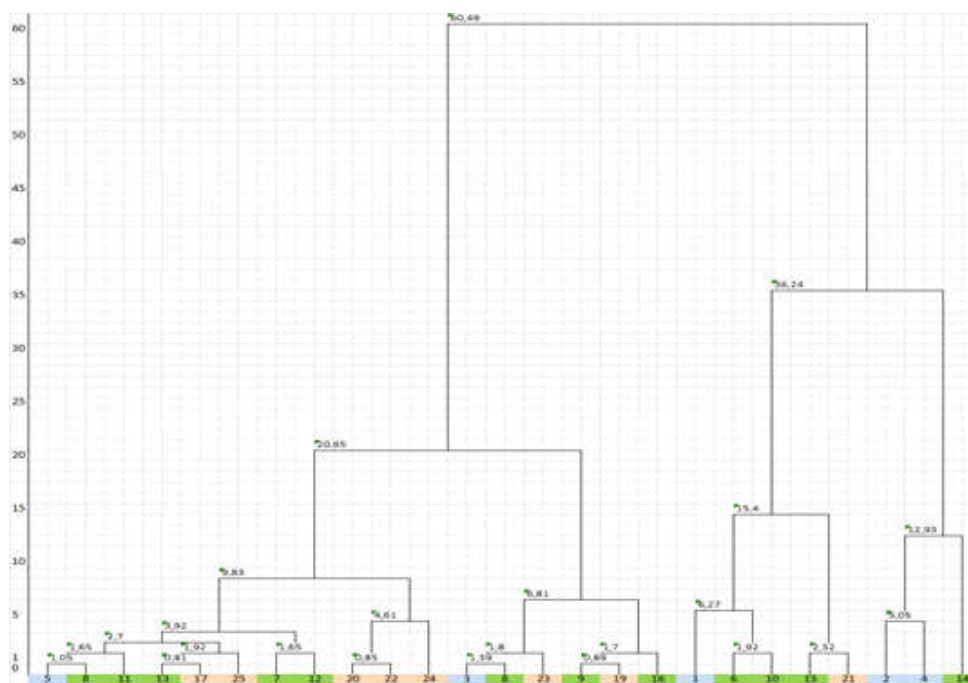


Рисунок 4. Дендрограмма показателей на высоте шейки корня по параметрам содержание гнили (%) / средняя скорость импульса (м/мин) (голубой цвет соответствует площади № 1; зеленый – площади № 2; розовый – площади № 3)

В совокупности выборку можно охарактеризовать, как высокоразрозненную. В зависимости от уровня «разреза» дендрограммы все данные можно объединить либо в 4 кластера высокой плотности (максимальные расстояния в кластерах – 9,83; 6,81; 15,4; 12,93), либо в 3 разреженных кластера (максимальные расстояния – 20,65; 15,4; 12,95). В распределении деревьев различных пробных площадей по кластерам не прослеживается селективности: деревья разных пробных площадей равномерно распре-

делены между кластерами. Из этого можно сделать вывод, что по данному параметру распределение значений в рамках отдельных пробных площадей исследованного района носит сходный неравномерный характер.

В совокупности выборку можно охарактеризовать, как высокоразрозненную. Резко выделяется по своим показателям дерево №1: обладая максимальным содержанием гнили (78,93%) и минимальными показателями скорости прохождения импульса (11,57 м/мин), данное дерево

В совокупности выборку можно охарактеризовать, как высокоразрозненную. Снова выделяется по своим показателям дерево №1, обладающее наибольшим средним содержанием гнили в двух исследованных плоскостях (64,23%). Это подтверждает, что данное дерево является наиболее нарушенным в исследуемом диапазоне. Деревья № 2, 4, 14 и 10 также обладают высоким или средним пока-

зателем нарушенности древесины (59,59; 56,58; 48,60 и 45,31%). Если разделить оставшиеся значения по уровню 20 шкалы расстояний, то все остальные данные можно объединить в 4 кластера высокой плотности (максимальные расстояния в кластерах – 9,42; 15,12; 12,55; 14,37). В распределении деревьев различных пробных площадей по кластерам не прослеживается селективности.

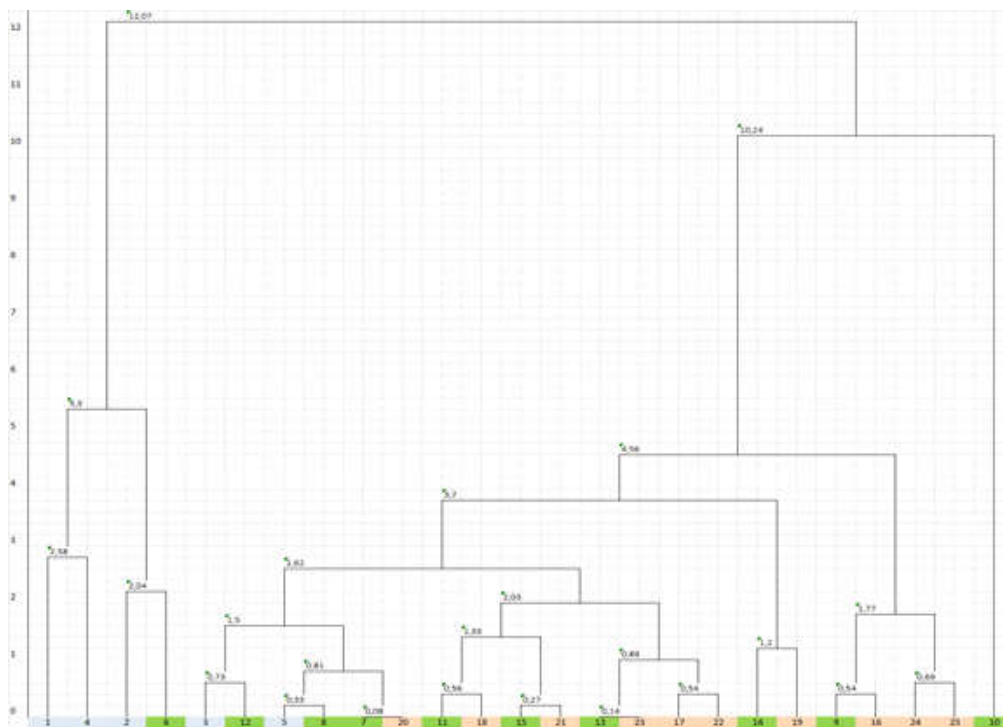


Рисунок 7. Дендрограмма по параметру средней скорости импульса (м/мин) у шейки корня и на высоте груди (голубой цвет соответствует площади № 1; зеленый – площади № 2; розовый – площади № 3)

Данная дендрограмма характеризует-ся наименьшими расстояниями между объектами, что обусловлено их единой видовой принадлежностью. Наиболее четко разделить кластеры удастся на уровне 6 шкалы расстояний с выделением 2 кластеров высокой плотности (максимальные расстояния – 5,3; 4,56) и отделением дерева №10 из-за высокой разницы среднего импульса для шейки корня и высоты груди (разница значений составляет 10,84 м/мин при максимальной разнице для прочих деревьев – 4,19 м/мин). Это может означать, что разрушение древесины в данном экземпляре хоть и не имеет максимальной площади, однако на уровне шейки корня достигло край-

не высокого уровня в локальной зоне. В распределении деревьев различных пробных площадей по кластерам также не прослеживается селективности.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Основу видового состава дендроценозов Братска составляют: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), осина (*Populus tremula* L.), оставленные в городской черте при строительстве города в 60-х годах прошлого столетия. Тип леса в настоящее время определить невозможно из-за высокого уплотнения почвы и отсутствия характерного

для леса живого напочвенного покрова. Объектом исследований явились модельные деревья (*Pinus sylvestris* L.) различного качества ствола и кроны из трех заложённых в разных частях города пробных площадях.

2. На основании томограмм, полученных при оценке внутреннего состояния древесины с использованием импульсного томографа Arbotom® фирмы RINTECH, у модельных деревьев можно констатировать общую угнетенность древесной растительности рассматриваемых пробных площадей.

3. Математическая обработка полученных результатов методом кластерного анализа с применением агломеративной иерархической кластеризации показывает, что исследованные насаждения обладают сходным по структуре внутренним разбросом значений, что свидетельствует об общем сходстве данных насаждений между собой, несмотря на значительное расстояние между пробными площадями.

3. С учетом средней и высокой степени поврежденности всех исследованных деревьев и сходной структуре насаждений по степени нарушенности можно сделать вывод о схожем влиянии на все пробные площади комплекса антропогенных факторов и ускоренном процессе старения исследованных деревьев в условиях рекреационных и других антропогенных воздействий по сравнению с лесной естественной средой.

Библиографический список

1. Денисова Е.С., Алексеенко Е.В. Газопоглодительная способность некоторых древесных растений Западной Сибири // Омский научный вестник. 2010. № 1 (94). С. 211-215.
 2. Географическая энциклопедия Иркутской области: общ. очерк / А. Д. Абалаков [и др.] ; ред. Л. М. Корытный ; Прав-во Иркут. обл., Ин-т географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркут. гос. ун-т. – Иркутск: Ин-т географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. – 336 с.
 3. Герасимов В. Природа Братска и его окрестностей. – Братск, 2001. – 176с.
 4. Рекомендации по разработке проектов санитарно-защитных зон промышленных предприятий, групп предприятий. - М.: РЭФИА, 1998.
 5. Руководство по учету в проектах планировки и застройки городов требований снижения уровней шума. - М: Стройиздат, 1983. С. 25.
 6. Тюкавина О.Н. О методах интерпретации результатов акустической томографии древесины сосны // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. –2015. – №4 (346) – С. 61-67.
 7. Тюкавина О.Н. Скорость прохождения звукового импульса в древесине сосны // Вестник северного (Арктического) Федерального университета. Серия: Естественные науки. –2014. – № 2 - С. 78-85.
 8. Johnstone D., Moore G., Tausz M., Nicolas M. The measurement of wood decay in landscape trees // *Arboriculture & Urban Forestry* 36(3). 2010. P. 121–127
 9. Rinn F. Technische Grundlagen der Impuls-Tomographie. *Baumzeitung* 8, 2003. P. 29–31.
 10. Wang L., Xu H., Zhou C., Li L., Yang X. Effect of sensor quantity on measurement accuracy of log inner defects by using stress wave // *Journal of Forestry Research*. 2007. 18 (3). P. 221–225.
1. Denisova E.S., Alekseenko E.V. Gas-absorbing ability of some woody plants of Western Siberia. *Omsk Scientific Bulletin*. 2010. № 1 (94). P. 211-215 [in Russian]
 2. Geographical Encyclopedia of the Irkutsk Region: commonly. Essay/A. D. Abalakov [and others]; Ed. L. M. Korytny. Irkutsk. Institute of geography named after V.B. Sochava SB RAS. 2017. 336 p. [in Russian]
 3. Gerasimov V. Nature of Bratsk and its suburbs. Bratsk. 2001. 176 p. [in Russian]
 4. Recommendations for the development of projects for sanitary protection zones of industrial enterprises, groups of enterprises. Moscow. *REFIA*. 1998 [in Russian]
 5. Guide to the accounting of noise reduction requirements in urban planning and development projects. Moscow. *Stroyizdat*. 1983. P. 25 [in Russian]
 6. Tyukavina O.N. About Interpretation Methods of Acoustic Tomography Results of Pine Wood. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* Arkhangelsk. 2015. pp. 61-67 [in Russian]

7. Tyukavina O.N. Speed of sound impulse propagation in pine wood. *Vestnik severnogo (Arkticheskogo) Federal'nogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye nauki.* Arkhangelsk. 2014. pp. 78-85 [in Russian]

8. Johnstone D., Moore G., Tausz M., Nicolas M. The measurement of wood decay in landscape trees. *Arboriculture & Urban Forestry* 36(3). 2010. pp. 121-127

9. Rinn F. Technische Grundlagen der Impuls-Tomographie. *Baumzeitung* 8, 2003. P. 29-31.

10. Wang L., Xu H., Zhou C., Li L., Yang X. Effect of sensor quantity on measurement accuracy of log inner defects by using stress wave. *Journal of Forestry Research.* 2007. 18 (3). pp. 221-225.

УДК 581.522

DOI: 10.34655/bgsha.2020.61.4.023

Е.А. Тишкина

ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МЕСТООБИТАНИЙ РЕДКОГО ВИДА *COTONEASTER LUCIDUS* SCHLECHT. В ЛЕСОПАРКАХ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

Ключевые слова: *Cotoneaster lucidus*, местообитания, плотность, онтогенетический спектр и демографическая структура.

Статья посвящена исследованию онтогенетических особенностей кизильника блестящего *Cotoneaster lucidus* в лесопарках г. Екатеринбурга. По способу заноса кизильник блестящий относится к эргазиофитам, завезенным с целью озеленения г. Екатеринбурга, при этом он натурализовался и прекрасно расселяется без помощи человека. При изучении онтогенетической структуры кизильника в Шарташском, Уктусском, им. Лесоводов России и Санаторном лесопарках выявили следующие закономерности: плотность кизильника зависит от сомкнутости древесного полога и высокая эколого-фитоценотическая приуроченность вида установлена в сосняках разнотравных. В онтогенезе выделено три периода и семь онтогенетических состояний. Наличие жизнеспособных молодых растений, являющихся результатом возобновления, свидетельствует о преодолении генеративного и ценотического барьеров. Преобладание прегенеративной фракции определяет изученные местообитания, как молодые и зреющие. Об этом свидетельствуют индексы восстановления и замещения. Почти нулевые отметки индекса старения объясняются выпадением большинства особей в генеративном периоде. Все местообитания являются нормальными и полночленными, с одновершинными онтогенетическими спектрами, которые способны в условиях искусственного ареала формировать самоподдерживающиеся в течение несколько поколений местообитания и распространяться на значительной территории. На основе анализа демографических показателей и ряда организменных и популяционных признаков было оценено состояние вида в лесопарках. В результате выявлено, что наиболее благоприятные условия для существования кизильника блестящего являются в сосняке разнотравном в Шарташском лесопарке, что согласуется с результатами анализа пространственной и онтогенетической структурой.

E. Tishkina

FEATURES OF THE ONTOGENETIC STRUCTURE OF HABITATS OF THE RARE SPECIES *COTONEASTER LUCIDUS* SCHLECHT. IN THE FOREST PARKS OF YEKATERINBURG

Keywords: *Cotoneaster lucidus*, habitat, density, ontogenetic spectrum and demographic structure.