

4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агроресомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

УДК 630\*181.351

DOI: 10.34736/FNC.2023.121.2.008.46-50

## Влияние экологической обстановки на семенную продуктивность *Pinus Sylvestris* L. в степной зоне Центрально-Черноземного района России

Алина Петровна Дегтярева✉, e-mail: ali.serdyukova@yandex.ru, м.н.с., ORCID 0000-0001-9583-2368  
Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, e-mail: ilgis@lesgen.vrn.ru, ул. Ломоносова, д.105, г. Воронеж, Россия

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена высокими темпами ухудшения экологической ситуации в Центрально-Черноземном районе и потеплением климата в степной лесорастительной зоне региона. Кумулятивное воздействие данных факторов оказывает негативное влияние на состояние основной лесообразующей породы – сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), выполняющей средообразующую, полезащитную, противозероэрозийную и оздоровительную функции. Целью исследования являлся анализ семенной продуктивности сосны под воздействием негативных факторов окружающей среды. Объектом исследования стало насаждение сосны обыкновенной, произрастающее на территории Кантемировского лесничества в черте посёлка Кантемировка. Насаждение находится в неблагоприятной экологической среде в окружении автодороги, сельскохозяйственных полей, электросетей и испытывает высокую рекреационную нагрузку. Сбор данных осуществлялся в разные по климатическим условиям годы: 2017 – оптимальный, 2019 – засушливый, 2020 и 2021 гг. – относительно в соответствии с региональной нормой. Показатели семенной продуктивности оценивали по следующим признакам: полнозернистость семян, число семян на шишку, гибель оплодотворённых семян, число пустых семян на шишку. По результатам исследования установлено, что, начиная с 2019 г., когда в регионе отмечалась ранняя засуха, биопродуктивность шишек в насаждении начала снижаться. Уровень полнозернистости семян снизился с 66,5% (в оптимальном 2017 г.) до 15,7% (2021 г.), увеличилась гибель оплодотворённых семян с 76,4% (2017 г.) до 931,3% (2021). Из-за наложения двух негативных факторов – неблагоприятной экологической среды и потепления климата – ежегодно снижаются все изученные показатели биопродуктивности шишек сосны обыкновенной.

**Ключевые слова:** антропогенная нагрузка, сосна обыкновенная, семенная продуктивность, полнозернистость, гибель оплодотворённых семян

**Цитирование.** Дегтярева А.П. Влияние экологической обстановки на семенную продуктивность *Pinus Sylvestris* L. в степной зоне Центрально-Черноземного района России // Научно-агрономический журнал. 2023. 2(121). С. 46-50. DOI: 10.34736/FNC.2023.121.2.008.46-50

Поступила в редакцию: 12.04.2023

Принята к печати: 26.05.2023

**Введение.** Проблема экологического состояния природной среды в настоящее время является актуальной для большинства городов и стран мира. Глобальные проблемы экологического характера связаны с антропогенным воздействием на природу, что влечёт за собой изменение климата, истощение озонового слоя атмосферы, деградацию лесов, опустынивание, загрязнение атмосферы, гидросферы и почвы. Экономическое развитие человечества неразрывно связано с повышением уровня антропогенной нагрузки на биосферу. Для урбанизированных территорий характерна деградация природной среды.

В последние годы повсеместно отмечается потепление климата [14]. Данный факт учёные связывают с изменением состава атмосферы под воздействием хозяйственной деятельности человека. На фоне глобального потепления формируются экстремальные условия для развития лесной растительности. Такие газы как диоксид углерода, метан, оксид азота, озон способствуют развитию парникового эффекта техногенного

происхождения [1; 13].

Центрально-Чернозёмный район (ЦЧР) является активно развивающимся промышленным регионом, играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности России. Здесь на состояние природной среды оказывают влияние предприятия агропромышленного комплекса, черная металлургия, химическая промышленность, машиностроение, пищевая промышленность. Экологическую ситуацию в ЦЧР можно назвать крайне сложной не только из-за нарастающего влияния промышленности на природную среду, но и усиливающейся в последние десятилетия засушливости климата данного региона. Лесные экосистемы способны оказать благоприятное воздействие на состояние природной среды, сохранить водные и почвенные ресурсы. Повышение лесистости региона позволит создать благоприятный экологический каркас устойчивого природопользования [6].

Сосна обыкновенная занимает обширную территорию, является одной из основных лесообразующих пород страны, имеет большую хозяй-

ственную ценность [9]. В Воронежской области сосновые леса, расположенные на землях лесного фонда, занимают 86,7 тыс. га общей площади, покрытой лесной растительностью. Это означает, что на долю сосновых лесов приходится 25,1% от всех лесообразующих пород Воронежской области [12].

Неблагоприятные факторы окружающей среды способны оказывать негативное воздействие на состояние женской репродуктивной сферы сосны обыкновенной. К неблагоприятным факторам можно отнести загрязнение природной среды техногенными выбросами промышленных предприятий и автотранспорта, повышение температуры окружающей среды, снижение количества осадков в чувствительный период эмбриогенеза сосны обыкновенной, формирование атмосферных и почвенных засух. Вследствие чего происходит накопление тяжелых металлов в хвое и древесине сосны, что наряду с воздействием высоких температур препятствует нормальному прохождению физиолого-биохимических процессов в растениях.

Известно, что с ухудшением условий среды происходит снижение жизненного состояния насаждения, снижается интенсивность репродуктивного процесса: уменьшается выход из шишек полных семян, происходит снижение их жизнеспособности. Особенностью репродуктивного цикла сосны является его большая продолжительность, по сравнению с другими видами хвойных, что обуславливает негативное проявление воздействия окружающей среды на любые стадии этого цикла [3; 5].

Изучение особенностей состояния генеративной сферы сосны под воздействием неблагоприятной природно-климатической среды важно для понимания способов и механизмов адаптации вида к современным лесорастительным условиям.

Целью работы является оценка семенной продуктивности *Pinus Sylvestris* L. под воздействием негативных факторов окружающей среды.

**Материалы и методика исследования.** Исследования проводили в насаждении сосны обыкновенной на юге Воронежской области (степная лесорастительная зона) на территории питомника Кантемировского лесничества, в черте пос. Кантемировка (географические координаты 49.680931, 39.855078). Через данный участок проходят высоковольтные линии электропередач, насаждение граничит с автодорогой, сельскохозяйственными полями и районными электросетями, испытывает высокую рекреационную нагрузку. Данные факторы обеспечивают относительно неблагоприятную экологическую обстановку места произрастания сосны обыкновенной. По данным Кантемировского лесничества насаждение заложено в 1999 г. однолетними сеянцами сосны обыкновенной, почвы представлены черноземами обыкновенными маломощными слабосмытыми тяжелосуглинистыми.

Сбор растительных материалов для исследований проводился на популяционной выборке из

30 случайно отобранных деревьев. Объем пробы с каждого дерева составил 10-15 шишек. Каждая шишка помещалась в индивидуальную ячейку, высушивалась при комнатной температуре для дальнейшего извлечения семян и анализа параметров семенной продуктивности. Образцы отбирали в 2017, 2019, 2020 и 2021 гг.

Семенную продуктивность сосны оценивали по четырём признакам: полнозернистость семян, общее число семян в шишке, гибель оплодотворённых семяпочек, число пустых семян в шишке. Полнозернистость вычисляли как отношение числа полных семян к общему их числу [8]. Гибель оплодотворённых семяпочек вычисляли как отношение числа пустых семян к числу полных [4; 2].

Статистическая обработка данных выполнена с помощью пакета программного обеспечения MS Excel-2013.

**Результаты и их обсуждение.** Изучаемая территория южной части Воронежской области относится к степной лесорастительной зоне, что обуславливает более сухой и засушливый климат региона исследования [7]. Внешние факторы стресса, такие как температура, влажность и неблагоприятные экологические условия местности, накладываясь друг на друга, могут оказывать негативное влияние на развитие генеративной сферы сосновых насаждений [4]. Ранее в наших исследованиях установлено, что за исследуемый период 2017-2021 гг. наиболее оптимальными климатическими условиями весенне-летнего сезона отличался 2017 г., а наиболее засушливыми – 2019 г., когда превышение температуры в июне достигало +7,6°C, а осадки полностью отсутствовали на протяжении 7 недель [10]. В 2020 и 2021 гг. также присутствовали те или иные незначительные климатические отклонения, однако в целом погода соответствовала норме.

Анализ средних показателей признаков семенной продуктивности объекта по годам (таблица) показал, что самые высокие значения по количеству семян в шишке наблюдались в 2020 г.: 25,9 шт. Самый высокий уровень полнозернистости семян за период исследований отмечен в 2017 г.: 65,4%. Минимальное число пустых семян на шишку наблюдалось в том же урожайном 2017 г.: 5,1 шт. Самый низкий уровень гибели оплодотворённых семяпочек у изучаемого насаждения сосны отмечен также в 2017 г. (76,4%). Таким образом, можно сделать вывод, что наибольшая продуктивность в насаждении была зафиксирована в относительно оптимальном по погодным условиям 2017 г.

Также в 2020 г. отмечалось максимальное число пустых семян на шишку: 21,7 шт. Минимальные показатели по общему числу семян в шишке зафиксированы в 2017 г.: 14,2 шт.

В изучаемом насаждении, произрастающем под воздействием антропогенной нагрузки, после 2017 г. происходит ежегодная редукция урожайности сосны.

Таблица. Статистические показатели семенной продуктивности исследуемого насаждения *Pinus Sylvestris* L. в 2017-2021г

Признак	X±Sx	Min	Max	R	Cv, %
2017					
Полнозернистость, %	65,4±3,7	20,2	94,7	74,5	31
Общее число семян в шишке, штук	14,2±1,2	4,2	30,1	25,9	45
Гибель оплодотворённых семяпочек, %	76,4±16,2	5,5	395,8	390,3	117
Число пустых семян в шишке, штук	5,1±0,7	0,5	14,6	14,1	68
2019					
Полнозернистость, %	40±3,1	13,1	73,9	60,8	42
Общее число семян в шишке, штук	18,1±1,5	5,8	35,8	30	45
Гибель оплодотворённых семяпочек, %	206,9±28,2	35,3	663,8	628,5	75
Число пустых семян в шишке, штук	10,7±1,0	3,8	22,8	19	53
2020					
Полнозернистость, %	16,2±1,7	3,5	42,1	38,6	59
Общее число семян в шишке, штук	25,9±1,7	10,7	49,3	38,6	35
Гибель оплодотворённых семяпочек, %	776±110,2	137,5	2736,4	2598,9	78
Число пустых семян в шишке, штук	21,7±1,4	6,6	38,1	31,5	35
2021					
Полнозернистость, %	15,7±1,9	1,7	57,6	55,9	68
Общее число семян в шишке, штук	14,9±1,0	3,3	29,5	26,2	36
Гибель оплодотворённых семяпочек, %	931,3±189	73,7	5633	5559,3	111
Число пустых семян в шишке, штук	12,7±0,9	2,8	26,1	23,3	40

\*Примечание: X±Sx – среднее арифметическое ± стандартная ошибка; Min – минимальное значение; Max – максимальное значение; R – размах признака; Cv – коэффициент вариации.

На рисунке показана погодичная динамика снижения изученных параметров. Так, уровень полнозернистости семян снизился с 66,5% до 15,7%, а гибель оплодотворённых семяпочек увеличилась с 76,4% до 931,3%, соответственно в 2017 и 2021 гг. По-видимому, такая деградация семенной продуктивности в насаждении связана с потеплением регионального климата и с ежегодным нако-

плением токсических веществ, препятствующих нормальному функционированию растительного организма [11; 15]. Небольшой подъём общего числа семян в шишке в 2020 г. сопровождался ростом числа пустых семян и снижением полнозернистости, что означает увеличение общего количества семян за счёт пустых.

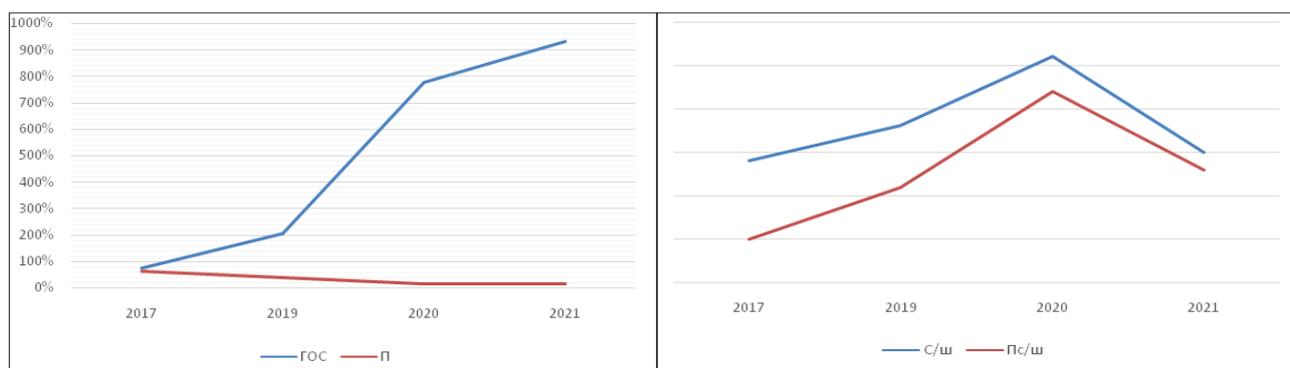


Рисунок. Изменение показателей продуктивности сосны обыкновенной в 2017-2021 гг, где ГОС – гибель оплодотворённых семяпочек, %; П – полнозернистость семян, %; С/ш – число семян в шишке, штук; Пс/ш – число пустых семян в шишке, штук

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о том, что изученное насаждение сосны обыкновенной, произрастающее на урбанизиро-

ванной территории, находится под воздействием двух факторов – давлением неблагоприятной экологической обстановки и гидротермического

стресса степного района ЦЧР. Эти факторы оказывают сильное влияние на биопродуктивность шишек. Известно, что экологические факторы могут негативно влиять на качество пыльцы, снижая её оплодотворяющую способность, приводят к увеличению частоты хромосомных мутаций, снижению жизнеспособности семян. За время проведения исследований с 2017 по 2021 гг. полнотернистость в изучаемом насаждении снизилась в 4 раза, число пустых семян в шишках возросло в 2,5 раза, а гибель оплодотворенных семяпочек увеличилась в 12 раз. При этом погодные условия в одни годы (2019 г.) характеризовались как засушливые, а в другие были близки к региональной норме. Тем не менее снижение семенной продуктивности ежегодно прогрессирует. Таким образом, можно сделать вывод, что такие резкие изменения продуктивности сосны обыкновенной связаны с кумулятивным действием негативных факторов природной среды: неблагоприятной экологии местности и климата степной лесорастительной зоны с периодически повторяющимися засухами.

#### Литература:

1. Бондаренко Л.В., Маслова О.В., Белкина А.В., Сухарева К.В. Глобальное изменение климата и его последствия // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2018. Т. 98. № 2. С. 84-93.
2. Дегтярева А. П. Мониторинг семенной продуктивности сосны обыкновенной на фоне изменяющегося климата степи ЦЧР // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022. № 2(69). С. 92-96.
3. Иванов В.П., Марченко С.И., Глазун И.Н., Паничева Д.М., Иванов Ю.В. Формирование женских шишек и семян *Pinus sylvestris* (Pinaceae) в зоне воздействия выбросов цементного производства (Брянская обл.) // Растительные ресурсы. 2013. Т. 49. № 4. С. 547-557.
4. Иванов В.П., Марченко С.И., Иванов Ю.В. Влияние погодных условий на женскую генеративную сферу сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. №3 (31). С.114-129.
5. Кистерный Г.А. Женская репродуктивная сфера сосны обыкновенной при воздействии ослабляющих

лесопатологических факторов в насаждениях Брянской области // Лесной журнал. 2016. № 4. С. 89-100.

6. Крупко А.Э., Нестеров Ю.А. Устойчивое развитие и экологическая ситуация в регионах Центрально-Черноземного района России // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2020. Т. 14. № 1. С. 80-92. DOI: 10.31161/1995-0675-2020-14-1-80-92
7. Кузнецова Н. Ф. Засухи в лесостепной зоне Центрально-Черноземного региона и критерии оценки их интенсивности // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2019. Т. 19. № 3. С. 142-148. DOI: 10.18500/1819-7663-2019-19-3-142-148
8. Кузнецова Н.Ф. Особенности семеношения сосны обыкновенной на территории ЦЧР в засуху 2010 г. // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т.30. № 3-4. С.270-276.
9. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. – М.: Наука, 1964. 192 с.
10. Сердюкова А.П. Оценка состояния защитных лесных насаждений сосны обыкновенной в засуху 2019 года в степной зоне Воронежской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 4(63). С. 77-80.
11. Хромова Л.В., Романовский М.Г. Режим опыления и выживаемость семяпочек сосны в условиях промышленного загрязнения воздуха цементной пылью // Лесоведение. 2002. № 3. С. 3-11.
12. Лесной план Воронежской области от 15 ноября 2021 г. №200-у. <https://pravo.govvrn.ru/sites/default/files/docgub200-16112021.pdf>
13. Kumar S., Akash Bhowmik P., Islam R., MacFarlane G. Pollution status and ecological risk assessment of metal(loid)s in the sediments of the world's largest mangrove forest: A data synthesis in the Sundarbans. *Marine Pollution Bulletin*. 2023. Vol. 187. 114514. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2022.114514
14. Li Ch., Chen J., Li L. and other Persistent effects of global warming on vegetation growth are regulated by water in China during 2001-2017. *Journal of Cleaner Production*. 2022. 381. 135198. DOI:10.1016/j.jclepro.2022.135198
15. Tatuško-Krygier N., Diatta J., Chudzińska E., Waraczewska Z., Gawroński D., Youssef N. Bioactive levels of Zn, Pb, Cu, Cd and Mg, Fe in pollution sensitive and tolerant Scots pines needles – Is survival mineral-dependent? *Ecological Indicators*. 2023. Vol. 146. 109751.

DOI: 10.34736/FNC.2023.121.2.008.46-50

## Environmental Conditions Influence on *Pinus Sylvestris* L. Seed Productivity in the Steppe Zone of the Central Chernozem Region of Russia

Alina P. Degtyareva✉, e-mail: ali.serdyukova@yandex.ru, Junior Researcher, ORCID: 0000-0001-9583-2368  
All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia

**Abstract.** The relevance of the study is due to the high rates of the ecological situation deterioration in the Central Chernozem region and the climate warming in the steppe forest zone of the region. The cumulative effect of these factors has a negative impact on the state of the main forest-forming species – Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). At the same time pine stands performs environmental, protective, anti-erosion and health functions. The aim of the study was to analyze

pine seed productivity under the influence of negative environmental factors. The object of the study was the scots pine planting, which grows on the Kantemirovsky forestry territory in the village of Kantemirovka. The plantation is located in an unfavorable environmental conditions surrounded by highways, agricultural fields, power grids and is experiencing a high recreational load. Data collection was carried out in different climatic conditions in the years: 2017 – optimal, 2019

– arid, 2020 and 2021 – relatively in accordance with the regional norm. Seed productivity indicators were evaluated according to the following criteria: full grain size of seeds, the number of seeds per cone, the death of fertilized ovules, the number of empty seeds per cone. According to the results of the study, it was found that, starting in 2019, when an early drought was observed in the region, the cones bioproductivity in the plantation began to decrease. The level of full grain of seeds decreased from 66.5% (in optimal 2017) to 15.7% (2021), the death of fertilized ovules increased from 76.4% (2017) to 93.3% (2021). All the studied indicators of pine cones bioproductivity decrease annually due to the superposition of two negative factors (an unfavorable ecological environment factors and climate warming).

**Keywords:** anthropogenic load, Scots pine, seed productivity, full grain size, death of fertilized seeds

**Citation.** Degtyareva A.P. Environmental Conditions Influence on *Pinus Sylvestris* L. Seed Productivity in the Steppe Zone of the Central Chernozem Region of Russia. *Scientific Agronomy Journal*. 2023. 2(121). pp. 46-50. DOI: 10.34736/FNC.2023.121.2.008.46-50

Received: 12.04.2023

Accepted: 26.05.2023

#### References:

- Bondarenko L.V., Maslova O.V., Belkina A.V., Sukhareva K.V. *Global'noye izmeneniye klimata i yego posledstviya* [Global climate changing and its after-effects]. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova* [Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics]. 2018; 98(2): 84-93.
- Degtyareva A. P. *Monitoring semennoy produktivnosti sosny obyknovnoy na fone izmenyayushchegosya klimata stepi TSCHR* [Monitoring of Scots pine seed productivity against the steppe climate changing background of the Central Chernozem Region]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Michurinsk State Agrarian University]. 2022; 2(69): 92-96.
- Ivanov V.P., Marchenko S.I., Glazun I.N., Panicheva D.M., Ivanov Yu.V. *Formirovaniye zhenskikh shishek i semyan Pinus sylvestris (Pinaceae) v zone vozdeystviya vybrosov tsementnogo proizvodstva (Bryanskaya obl.)* [The development of female cones and seeds in *Pinus Sylvestris* (Pinaceae) in the emission zone of cement factory (Bryansk Region)]. *Rastitel'nyye resursy* [Plant resources]. 2013; 49(4): 547-557.
- Ivanov V.P., Marchenko S.I., Ivanov Yu.V. *Vliyaniye pogodnykh usloviy na zhenskuyu generativnyuyu sferu sosny obyknovnoy (Pinus Sylvestris L.)* [Weather conditions influence on the female generative sphere of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Tomsk State University Journal of Biology]. 2015; 3 (31). 114-130.
- Kisterny G.A. *Zhenskaya reproduktivnaya sfera sosny obyknovnoy pri vozdeystvii oslablyayushchikh lesopatologicheskikh faktorov v nasazhdeniyakh Bryanskoy oblasti* [Female Reproductive Structure of Scots Pine Under the Degradation Forest Pathology Factors Influence in the Plantations of the Bryansk Region]. *Lesnoy zhurnal* [Russian Forestry Journal]. 2016; 4: 89-100
- Krupko A.E., Nesterov Yu.A. *Ustoychivoye razvitiye i ekologicheskaya situatsiya v regionakh Tsentral'no-Chernozemnogo rayona Rossii* [Sustainable Development and Environmental Situation in Regions of the Central Chernozemic Region of Russia]. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Yestestvennyye i tochnyye nauki* [Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences]. 2020; 14(1): 80-92.
- Kuznetsova N. F. *Zasukhi v lesostepnoy zone Tsentral'no-Chernozemnogo regiona i kriterii otsenki ikh intensivnosti* [Droughts in the Forest-Steppe Zone of Central Chernozemic Region and Criteria for their Intensity Evaluation]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Nauki o Zemle* [Izvestiya of Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences]. 2019; 19(3): 142-148.
- Kuznetsova N.F. *Osobennosti semenosheniya sosny obyknovnoy na territorii TSCHR v zasukhu 2010 g.* [Peculiarities of Scots pine seed production on the territory of the Central Chernozemic Region during the drought of 2010]. *Khvoynnyye boreal'noy zony* [Conifers of the boreal zone]. 2012; 3-4(30): 270-276.
- Pravdin L.F. *Sosna obyknovennaya. Izmenchivost', vnurividovaya sistematika i selektsiya* [Common pine. Variability, intraspecific taxonomy and selection]. Moscow: "Nauka" Publ. house, 1964. 192 p.
- Serdyukova A.P. *Otsenka sostoyaniya zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy sosny obyknovnoy v zasukhu 2019 goda v stepnoy zone Voronezhskoy oblasti* [Protective forest plantations of Scots pine state assessment in the drought of 2019 in the steppe zone of the Voronezh region]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Michurinsky State Agrarian University]. 2020; 4 (63): 77-80.
- Khromova L.V., Romanovskiy M.G. *Rezhim opyleniya i vyzhivayemost' semyapochek sosny v usloviyakh promyshlennogo zagryazneniya vozdukha tsementnoy pyl'yu* [Pollination regime and survival rate of pine ovules under conditions of industrial air pollution with cement dust]. *Lesovedeniye* [Russian Journal of Forest Science]. 2002; 3: 3-11.
- Lesnoy plan Voronezhskoy oblasti ot 15 noyabrya 2021 g. №200-u [Forest plan of the Voronezh region dated November 15, 2021 №200-u]. <https://pravo.govrn.ru/sites/default/files/docgub200-16112021.pdf>
- Kumar S., Akash Bhowmik P., Islam R., MacFarlane G. *Pollution status and ecological risk assessment of metal(loid) s in the sediments of the world's largest mangrove forest: A data synthesis in the Sundarbans.* *Marine Pollution Bulletin*. 2023; 187: 114514.
- Li Ch., Chen J., Li L. and other *Persistent effects of global warming on vegetation growth are regulated by water in China during 2001-2017.* *Journal of Cleaner Production*. 2022; 381: 135198.
- Tatuško-Krygier N., Diatta J., Chudzińska E., Waraczewska Z., Gawroński D., Youssef N. *Bioactive levels of Zn, Pb, Cu, Cd and Mg, Fe in pollution sensitive and tolerant Scots pines needles – Is survival mineral-dependent?* *Ecological Indicators*. 2023; 146: 109751.

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Author's contribution.** Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

**Conflict of interest.** Author declare no conflict of interest.