

ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ / FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.35.3>

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Научная статья

Комаров Е.Г.¹, Румянцев Д.Е.², Воробьева Н.С.³, Шипинская У.С.^{4*}, Парфенова А.Е.⁵

²ORCID : 0000-0001-9871-9504;

^{1, 2, 3, 4, 5} Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, Москва,
Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (dendrochronology[at]list.ru)

Аннотация

Визуальные признаки позволяют достаточно надежно вести оценку состояния древесных растений, давать прогноз динамики их состояния. При этом ретроспективная оценка состояния древесных растений возможна фактически только при условии привлечения к анализу временных рядов дендрохронологической информации. При этом ширина годичного кольца сама по себе является ненадежным показателем лесопатологического состояния. Важны показатели изменчивости, рассчитываемые на ее основе. Актуальна разработка алгоритмов ретроспективной диагностики состояния деревьев и древостоев, так же как и разработка новых экспериментальных алгоритмов прогноза состояния древесных растений. В основе подобного рода разработок безальтернативным источником информации является дендрохронологический анализ.

Ключевые слова: дендрохронология, оценка лесопатологического состояния, древесные растения.

EXPERIMENTAL ALGORITHMS FOR IDENTIFICATION OF FOREST PATHOLOGICAL STATUS OF WOODY
PLANTS

Research article

Komarov Y.G.¹, Rumyantsev D.E.², Vorobeva N.S.³, Shipinskaya U.S.^{4*}, Parfenova A.Y.⁵

²ORCID : 0000-0001-9871-9504;

^{1, 2, 3, 4, 5} Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow, Russian
Federation

* Corresponding author (dendrochronology[at]list.ru)

Abstract

Visual signs allow to evaluate the condition of woody plants rather reliably and to forecast the dynamics of their condition. At the same time, retrospective assessment of the condition of woody plants is possible only if dendrochronological information is involved in the analysis of time series. At the same time, the width of the annual ring itself is an insufficiently reliable indicator of forest pathological condition. Variability indicators calculated on its basis are important. The development of algorithms for retrospective diagnostics of the state of trees and stands is urgent, as well as the development of new experimental algorithms for predicting the state of woody plants. Dendrochronological analysis is a single source of information for such developments.

Keywords: dendrochronology, forest pathology evaluation, woody plants.

Введение

Особый интерес с точки зрения оценки качественных и количественных характеристик лесов представляют алгоритмы оценки лесопатологического состояния и прогноза состояния (жизнеспособности) древесных растений на основе дендрохронологической информации [9], [10], [11]. Как было показано в нашей предыдущей работе, ширина годичного кольца как таковая является ненадежным индикатором оценки состояния дерева [6]. Текущая оценка лесопатологического состояния достаточно надежно устанавливается по критериям «Шкалы категорий состояния» на основе действующих правил санитарной безопасности в лесах РФ [8].

Однако дендрохронологическая информация может быть востребована в рамках ретроспективной реконструкции динамики лесопатологического состояния (это может быть востребовано при экспертизе целесообразности назначения санитарных рубок, и в исследовательских работах), а также дендрохронологическая информация может быть задействована при прогнозе состояния (жизнеспособности) отдельных деревьев.

Методологические основы исследования

В основу прогноза состояния деревьев может быть положен тезис, сформулированный одним из основателей отечественной лесной таксации Д.И. Менделеевым [4] в работе посвященной изменчивости годичных колец: «Это же для высоких деревьев наблюдается всегда, показывая, что рост (а потому и прирост) деревьев стремится к некоторому конечному пределу дряхлости, когда легко наступает от случайности смерть или засыхание». Методологически аналогичный алгоритм прогноза жизнеспособности (старения) деревьев был сформулирован в работе Б.Б. Зейде [2], пришедшего к выводу, что скорость падения прироста с возрастом является важным индикатором жизнеспособности

дерева, а процесс старения может быть выражен элементарной степенной функцией. Таким образом, в целях прогноза состояния древесных растений может быть предложен следующий алгоритм анализа дендрохронологической информации.

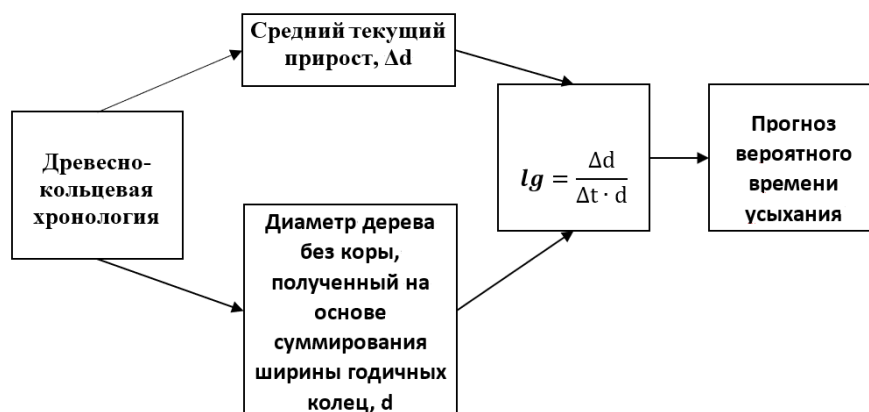


Рисунок 1 - Прогноз жизнеспособности дерева
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.35.3.1>

В апробации алгоритма исследовательская составляющая видится в подборе оптимального параметра Δt , характеризующего интервал изменения прироста. По-видимому, для апробации данного алгоритма необходимо вести работу и с образцами древесины сухостойных деревьев. Алгоритм ретроспективной реконструкции лесопатологического состояния может быть сконструирован исходя из следующих общих соображений. Ширина годичного кольца как таковая является ненадежным индикатором состояния, она сильно меняется с возрастом и по высоте ствола. Опыт работы с сухостоем свидетельствует, что усыхание дерева возможно при любой ширине годичного кольца. Однако локальные экстремумы прироста во временном ряду уже дают представление о благоприятности условий существования дерева и состоянии дерева в конкретный календарный год. Очевидно, что в годы локальных максимумов прироста дерево имело хорошее состояние, которое скорее соответствует баллу 1 (без признаков ослабления) шкалы категорий состояния деревьев, чем какому-то иному баллу. В то же время, в годы экстремально низких значений прироста очевидно, что дерево сильно ослаблено и его состояние соответствует баллу 3. Баллу 4 (усыхающее) его состояние соответствовать не может, так как в итоге неблагоприятного воздействия дерево сумело в последствии восстановиться и дожило до момента отбора образца древесины. Выделив точки максимального прироста, возможно их аппроксимировать некоторой функцией (например, полиномом второго порядка) подобрав вариант с максимальными значениями коэффициента детерминации. Аналогично следует поступить с точками локальных минимумов прироста. Интервал между точками кривых в каждый конкретный календарный год должен быть ранжирован исходя из трехбалльной шкалы. Таким образом, зная ширину годичного кольца дерева для каждого календарного года и величину ранжированного интервала для каждого года, возможно вести ретроспективную идентификацию категории состояния дерева в каждом календарном году (рисунок 2).

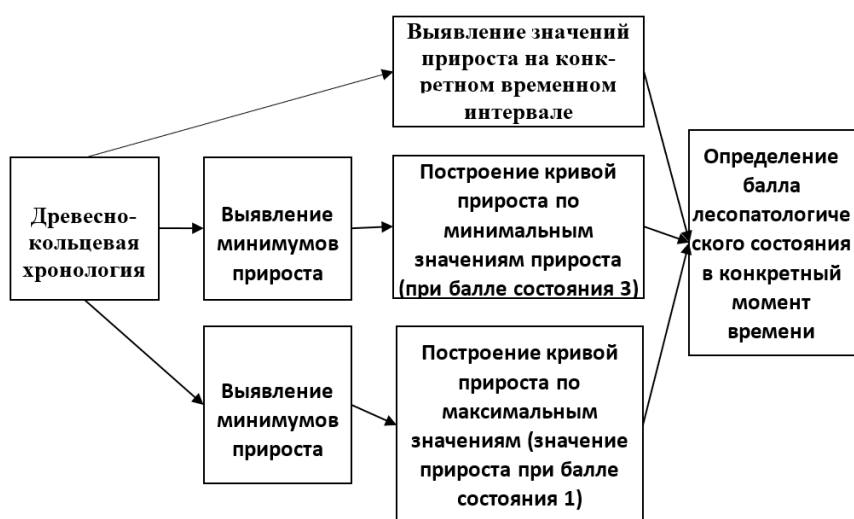


Рисунок 2 - Ретроспективная реконструкция лесопатологического состояния
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.35.3.2>

Объект исследований и методика исследований

Объектом исследования был заложенный в 2022 году исследовательский полигон площадью 9,02 га, расположенный на территории Фряновского участкового лесничества (Аксёновский лесохозяйственный участок) Московского учебно-опытного лесничества в выделе № 40 квартала № 25. Согласно таксационным данным 1974 года, выдел 40 квартала 25 занимал площадь 12 га. Тип лесорастительных условий С3, кисличный тип леса. Почва дерново-среднеподзолистая, среднесуглинистая на морене, мощность суглинков 41...80 см, глубина залегания грунтовых вод более 120 см, глубина залегания глея более 120 см. В 1953 года, после вырубki насаждения неустановленного породного состава, после предварительной обработки почвы была произведена посадка лесных культур сосны. Достоверных данных о подготовки почвы и схеме посадки не сохранилось. Но вполне вероятно, что в процессе подготовки почвы была поведена раскорчёвка и нарезка борозд. В гребень были посажены сеянцы сосны. В низких местах часть посаженных культур погибла, но в целом насаждение сохранилось. В 2020 году древостой имел состав 6СЗЕЗБ, средний диаметр 24 см и среднюю высоту 27 м. В таксационно описании 1984 года тип леса на данном выделе был диагностирован как сложно-широкотравный, эта же характеристика приводится в таксационных описаниях 1994, 2004, 2020 г. Согласно исследованиям 2022 года данный тип леса следовало бы диагностировать как разнотравно-кисличный.

В данном исследовании используется материал по сосне обыкновенной, полученный на основе отбора кернов древесины на двух участках полигона – участок 7 (с рубками ухода) и участок 8 (без рубок ухода). Рубка ухода прочистка проводилась в 1975 году на площади 3,2 га и 8,2 га с интенсивностью 20%. Данные о лесопатологическом состоянии имелись только для 2022 года, средневзвешенный балл лесопатологического состояния учетных деревьев был равен 2. В дальнейшем на полигоне планируется вести регулярный лесопатологический мониторинг, что обеспечит удлинение временного ряда по средневзвешенной категории состояния древостоя.

На материале древесно-кольцевых хронологий из культур сосны обыкновенной был выполнен ряд экспериментальных исследований. Отбор кернов проводился по стандартной методике лаборатории дендрохронологии МФ МГТУ [7]. Измерения ширины годичных колец на кернах велись с использованием МБС-10 с точностью до 0,05 мм. Для контроля за правильностью измерений использовалась процедура перекрестной датировки в программе GROWLINE [3].

Результаты исследования

В результате были получены обобщенные хронологии для двух участков, характеризующие погодичную динамику радиального прироста (рисунок 3.).

Выполненные нами расчеты проводились на основании изложенных выше теоретических предпосылок, модифицированных с учетом технических возможностей программы Microsoft Excel.

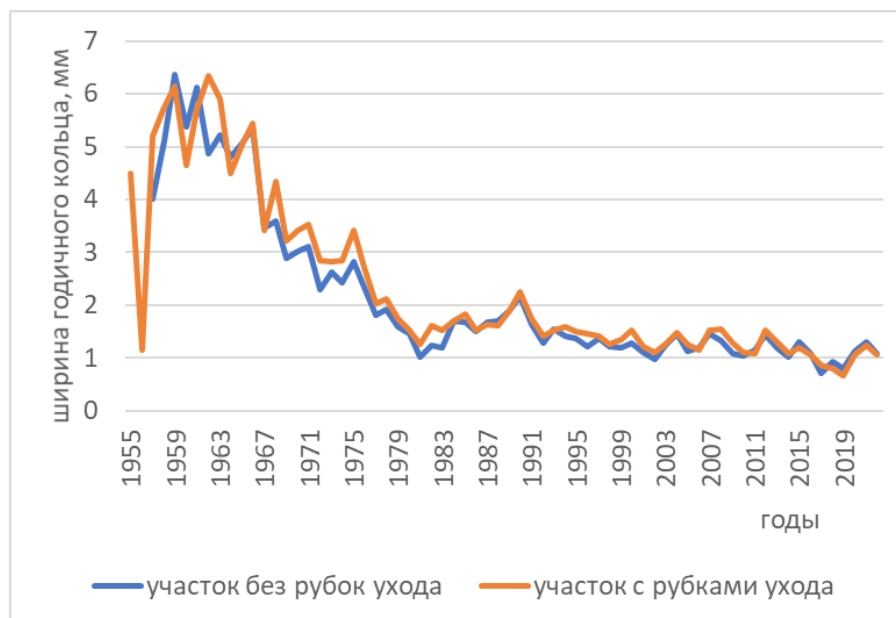


Рисунок 3 - Динамика радиального прироста в двух исследуемых древостоях сосны

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.35.3.3>

На основе рассматриваемой хронологии на участке без рубок ухода было проведено выделение локальных экстремумов прироста (минимумов радиального прироста, максимумов радиального прироста). Для этого были использованы стандартные функции Microsoft Excel (МИН; МАКС). Выделение проводилось на 7-летнем временном интервале. Он соответствует минимально возможному циклу Солнечной активности, потенциально способной влиять на формирование экстремумов прироста. Кроме того, уменьшение длины временного интервала снижает удельный вес влияния долговременных тенденций изменчивости прироста при определении локальных экстремумов прироста. Полученные данные отражены на рисунке 4. Значение в точке 2022 г. на кривой максимального прироста соответствует максимальному значению ширины годичного кольца на временном интервале 2022-2012 гг., значение в

точке 2021 г. соответствует значению ширины годичного кольца на временном интервале 2021-2011 гг. и так далее. Аналогично для кривой минимального прироста. Граница балла состояния один проходит по линии соответствующей разности максимального прироста и значения амплитуды радиального прироста (максимальное значение минус минимальное) в данном году, поделенного на три. Граница балла состояния 2 проходит по линии соответствующей разности максимального прироста и значения амплитуды радиального прироста (максимальное значение минус минимальное) в данном году, поделенного на три и умноженного на два. Граница балла состояния 3 проходит по линии минимального прироста.

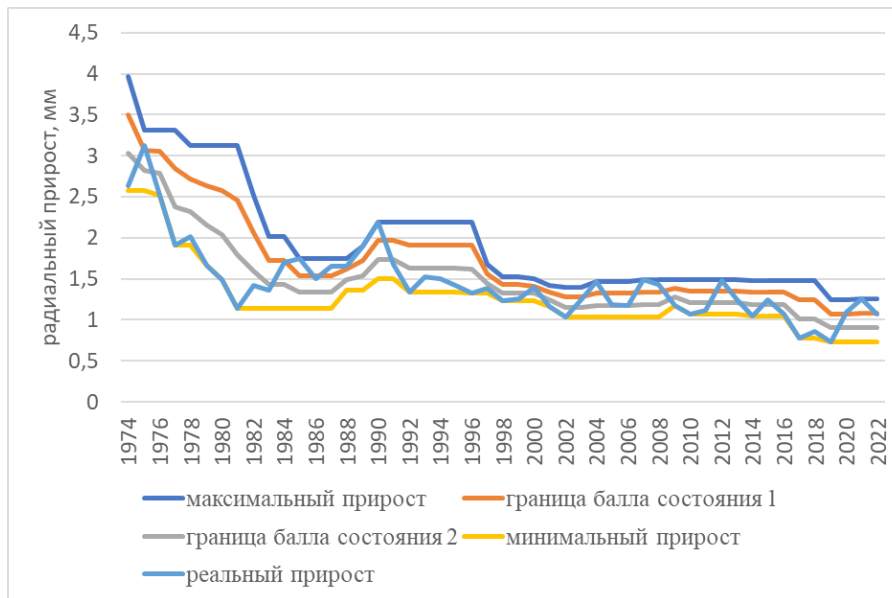


Рисунок 4 - Ширина годичного кольца в точках локальных экстремумов радиального прироста на 7-летнем временном интервале, значения радиального прироста по годам и границы интервалов для определения балла лесопатологического состояния древостоя
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.35.3.4>

Далее велось сопоставление конкретных значений величины радиального прироста с конкретными значениями интервалов колебания годичного кольца (меньше максимума до одной третьей значения включительно – балл 1, меньше максимума от одной трети до двух третей включительно – балл 2, меньше максимума от двух третей до минимума включительно – балл 3). Присваиваемые баллы согласно нашей гипотезе соответствующий средневзвешенному баллу лесопатологического состояния древостоя. Результаты выполненных преобразований отражает график на рисунке 5.

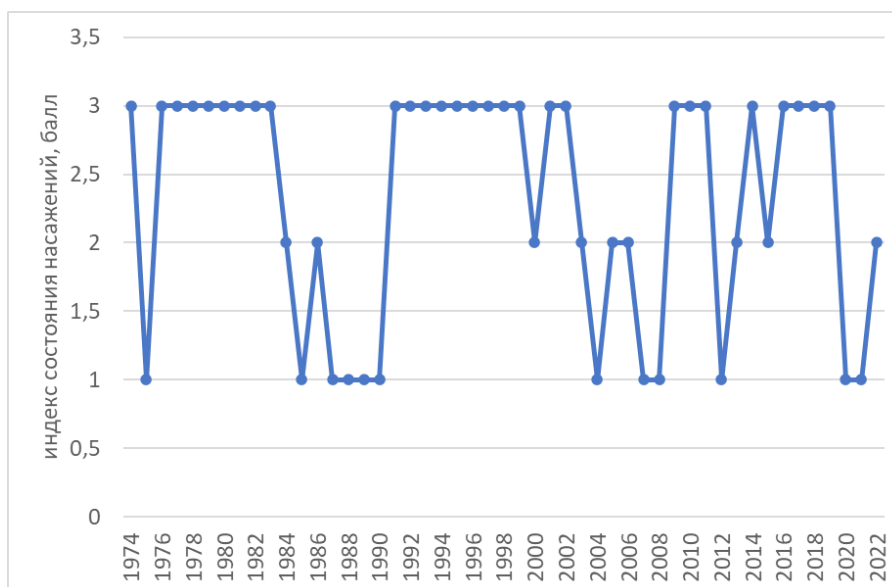


Рисунок 5 - Динамика индекса состояния насаждений сосны на исследуемых участках
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.35.3.5>

Анализируя данные рисунка 5 следует заключить, что индекс состояния насаждений демонстрирует выраженную динамику. На данном этапе исследований авторы не берут на себя ответственность гарантировано объяснять конкретные причины изменения индекса состояния одного и того же насаждения. Однако давно и хорошо известно, что состояние насаждений динамично: периоды улучшения состояния сменяются периодами ухудшения, например под воздействием таких факторов как меняющиеся год от года метеопараметры, либо меняющиеся индексы солнечной активности [1]. Насаждения находившиеся в более в худшем состоянии (например 3) достаточно часто способны переходить в более лучшую категорию состояния (например 1) в силу естественных закономерностей динамики данного показателя [1].

Однако для уверенности в том, что исследуемый показатель действительно соответствует средневзвешенному балу лесопатологического состояния древостоя необходимо вести верификацию его значений с данными лесопатологического мониторинга. Пока это возможно сделать только относительно значений 2022 года, которые в нашем случае совпадают с результатами визуального обследования.

Заключение

Имея данные лесопатологического мониторинга древостоя хотя бы для пятилетнего временного интервала можно существенным образом скорректировать и повысить точность работы используемого алгоритма реконструкции индекса состояния насаждений на основе дендрохронологической информации.

Во-первых, этого можно достигнуть подбором оптимальных временных интервалов для определения локальных экстремумов прироста, так как разная длина временного интервала связана с разным вкладом долговременной изменчивости в формирование данных о значениях локальных экстремумов прироста.

Во-вторых, предположение о том, что дерево с баллом состояния 2 ровно на 33% менее здорово, чем дерево с баллом состояния 1 достаточно условно, границы этих интервалов также могут быть изменены с учетом эмпирических данных. Однако дальнейшее улучшение работы алгоритма возможно лишь итерационным методом на основе длительных стационарных лесоэкологических исследований.

Полученные результаты представляют собой концептуальную гипотетическую модель, уверенная апробация которой возможна только при условии консолидированных усилий ряда исследовательских коллективов. Как и любая гипотеза, сформулированная нами, концепция должна пройти ряд исследовательских этапов, по итогам которых, она, может быть, либо принята, либо отвергнута. В настоящее время теоретические предпосылки и первые предпринятые шаги апробации дают обнадеживающие результаты относительно ее познавательной ценности.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Воронцов А.И. Патология леса / А.И. Воронцов. — М.: Лесная промышленность, 1978. — 272 с.
2. Зейде Б.Б. О математической природе процесса старения деревьев / Б.Б. Зейде // Материалы второго всесоюзного совещания по дендрохронологии и дендроклиматологии «Дендроклиматохронология и радиоуглерод». — Каунас: Институт ботаники академии наук Литовской АССР, 1972. — с. 169 -174.
3. Липаткин В.А. Перекрестная датировка дендрохронологических рядов с помощью ПЭВМ / В.А. Липаткин, С.Ю. Мазитов // Экология, мониторинг и рациональное природопользование. — М.: МГУЛ, 1997. — Вып. 288(1). — с. 103-110
4. Менделеев Д. И. Работы по сельскому хозяйству и лесоводству / Д.И. Менделеев. — М.: АН СССР, 1954. — 620 с.
5. Пальчиков С. Б. Современное оборудование для дендрохронологических исследований / С.Б. Пальчиков, Д. Е. Румянцев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. — 2010. — № 3 (72). — С. 4-51.
6. Румянцев Д. Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии / Д. Е. Румянцев. — М.: МГУЛ, 2010. — 110 с.
7. Румянцев Д. Е. Методические рекомендации по отбору ядер древесины для целей дендрохронологических исследований в лесоведении и лесоводстве / Д. Е. Румянцев, В. А. Липаткин, А. В. Черакшев [и др.] — М.: Профессиональная наука, 2022. — 44 с.
8. Правила санитарной безопасности в лесах: постановление Правительства РФ от 9.12.2023. — № 2047.
9. Bigler C. Growth-Dependent Tree Mortality Models Based on Tree Rings / C. Bigler, H. Bugman // Canadian Journal of Forest Research. — 2003. — Vol. 33. — p. 210-221
10. Innes J. L. Methods to Estimate Forest Health / J. L. Innes // Silva Fennica. — Vol. 27. — № 2. — p. 145-157
11. Fritts H.C. Tree Rings and Climate / H.C. Fritts. — London; New York; San Francisco: Academic press, 1976. — 576 p.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Voroncov A.I. Patologiya lesa [Forest Pathology] / A.I. Voroncov. — M.: Forest Industry, 1978. — 272 p. [in Russian]
2. Zejde B.B. O matematicheskoj prirode processa stareniya derev'ev [On the Mathematical Nature of the Tree Aging Process] / B.B. Zejde // Materialy vtorogo vsesoyuznogo soveshchaniya po dendrohronologii i dendroklimatologii «Dendroklimatohronologiya i radiouglerod» [Materials of the Second All-Union Conference on Dendrochronology and Dendroclimatology "Dendroclimatochronology and Radiocarbon"]. — Kaunas: Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Lithuanian ASSR, 1972. — p. 169 -174 [in Russian].
3. Lipatkin V.A. Perekrestnaya datirovka dendrohronologicheskikh ryadov s pomoshch'yu PEVM [Cross-Dating of Dendrochronological Series Using a PC] / V.A. Lipatkin, S.YU. Mazitov // Ekologiya, monitoring i racional'noe prirodopol'zovanie [Ecology, Monitoring and Rational Nature Management]. — M.: MGUL, 1997. — Iss. 288(1). — p. 103-110 [in Russian]
4. Mendeleev D. I. Raboty po sel'skomu hozyajstvu i lesovodstvu [Agricultural and Forestry Work] / D.I. Mendeleev. — M.: AN SSSR, 1954. — 620 p. [in Russian]
5. Pal'chikov S. B. Sovremennoe oborudovanie dlya dendrohronologicheskikh issledovanij [Modern Equipment for Dendrochronological Research] / S.B. Pal'chikov, D. E. Rumyancev // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik [Bulletin of the Moscow State Forest University – Forest Bulletin]. — 2010. — № 3 (72). — p. 4-51 [in Russian].
6. Rumyancev D. E. Istoriya i metodologiya lesovodstvennoj dendrohronologii [History and Methodology of Silvicultural Dendrochronology] / D. E. Rumyancev. — M.: MSUL, 2010. — 110 p. [in Russian]
7. Rumyancev D. E. Metodicheskie rekomendacii po otboru kernov drevesiny dlya celej dendrohronologicheskikh issledovanij v lesovedenii i lesovodstve [Guidelines for the Selection of Wood Cores for the Purposes of Dendrochronological Research in Forest Science and Forestry] / D. E. Rumyancev, V. A. Lipatkin, A. V. CHerakshev [et al.] — M.: Professional Science, 2022. — 44 p. [in Russian]
8. Pravila sanitarnoj bezopasnosti v leash [Sanitary Safety Rules in Forests]: Decree of the Government of the Russian Federation of December 9, 2023. — № 2047. [in Russian].
9. Bigler C. Growth-Dependent Tree Mortality Models Based on Tree Rings / C. Bigler, H. Bugman // Canadian Journal of Forest Research. — 2003. — Vol. 33. — p. 210-221
10. Innes J. L. Methods to Estimate Forest Health / J. L. Innes // Silva Fennica. — Vol. 27. — № 2. — p. 145-157
11. Fritts H.C. Tree Rings and Climate / H.C. Fritts. — London; New York; San Francisco: Academic press, 1976. — 576 p.