

Кучеров С.Е., Вельмовский П.В., 2024  
УДК 630.561.24  
DOI: 10.24412/2712-8628-2024-3-90-102

## ХАРАКТЕРИСТИКА РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА *PINUS SYLVESTRIS* L. РЕГИОНАЛЬНОГО ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ «ПЕТРОВСКИЕ ОДИНОЧНЫЕ СОСНЫ»

\*С.Е. Кучеров<sup>1,2</sup>, \*\*П.В. Вельмовский<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

<sup>2</sup>Уфимский институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН,  
Россия, Уфа

e-mail: \*skucherov@mail.ru, \*\*velmovski@mail.ru

Проведен анализ радиального прироста сосны обыкновенной на территории особо охраняемой природной территории регионального значения памятника природы Оренбургской области «Петровские одиночные сосны». Определен возраст деревьев на 2023 год, с минимальным значением 141 год и максимальным 183 года. Показано, что прирост сосен обладает высокой чувствительностью к изменчивости год от года условий окружающей среды. В годы засух, как правило, происходило сильное снижение величины радиального прироста. В рядах прироста присутствуют депрессии прироста, связанные, по нашему мнению, с повреждением деревьев пожарами.

*Ключевые слова:* сосна обыкновенная, радиальный прирост, засухи.

### Введение

В степной и лесостепной зонах деревья произрастают в условиях недостаточного увлажнения, что отражается в чувствительности прироста деревьев к количеству атмосферных осадков, ограничивающих рост деревьев [1-5]. В наибольшей степени снижение прироста происходит в годы засух [6, 7]. Кроме того, наблюдающееся потепление климата согласно Пятому оценочному докладу МГЭИК [8] будет продолжаться в XXI веке, что скажется на еще большей чувствительности прироста деревьев к количеству атмосферных осадков. В связи с этим изучение радиального прироста дает возможность определить его реакцию на происходящие изменения климатических условий.

В данной работе представлены результаты анализа радиального прироста сосны обыкновенной в пределах особо охраняемой природной территории регионального значения памятника природы «Петровские одиночные сосны», расположенной в лесостепной зоне на северо-западе Оренбургской области.

### Материалы и методы

Исследования проводились на территории регионального памятника природы Оренбургской области «Петровские одиночные сосны» и на прилегающей к нему территории. Данный объект впервые упомянут как «реликт сосновых боров» северо-запада Оренбургской области в 1996 году [9]. Особо охраняемая природная территория (ООПТ) располагается на сырцово-увалистом междуречье, на западном склоне возвышенности с абсолютной отметкой 243,0 м, в пределах Пилюгинского сельсовета Бугурусланского района, в 3 км к юго-западу от деревни Петровка Асекеевского района Оренбургской области (рис. 1). Включает в свой состав квартал № 93 Пилюгинского участкового лесничества Бугурусланского лесничества. Создан в 1998 г. как ценная ботаническая территория площадью 25 га [10]. В настоящее время площадь ООПТ составляет 10,65 га [11, 12].

Объектом исследования были деревья сосны обыкновенной, у которых возрастным буравом были взяты образцы стволовой древесины из нижней части стволов на минимально возможной высоте (20-30 см) от уровня земли. Всего в анализ были включены данные по

результатам измерений у 14 деревьев (рис. 2-3). После замачивания образцов в воде проводилось формирование ровной поверхности перпендикулярно трахеидам с помощью лезвий. Полученная поверхность окрашивалась зубным порошком для увеличения контрастности. Измерения ширины годовичных слоев были выполнены на измерительном комплексе Lintab с программным пакетом TSAP-Win™ [13]. Датировка годовичных слоев радиального прироста (определение календарных лет их формирования) проводилась перед проведением измерений на основе выявленных реперных годовичных слоев.

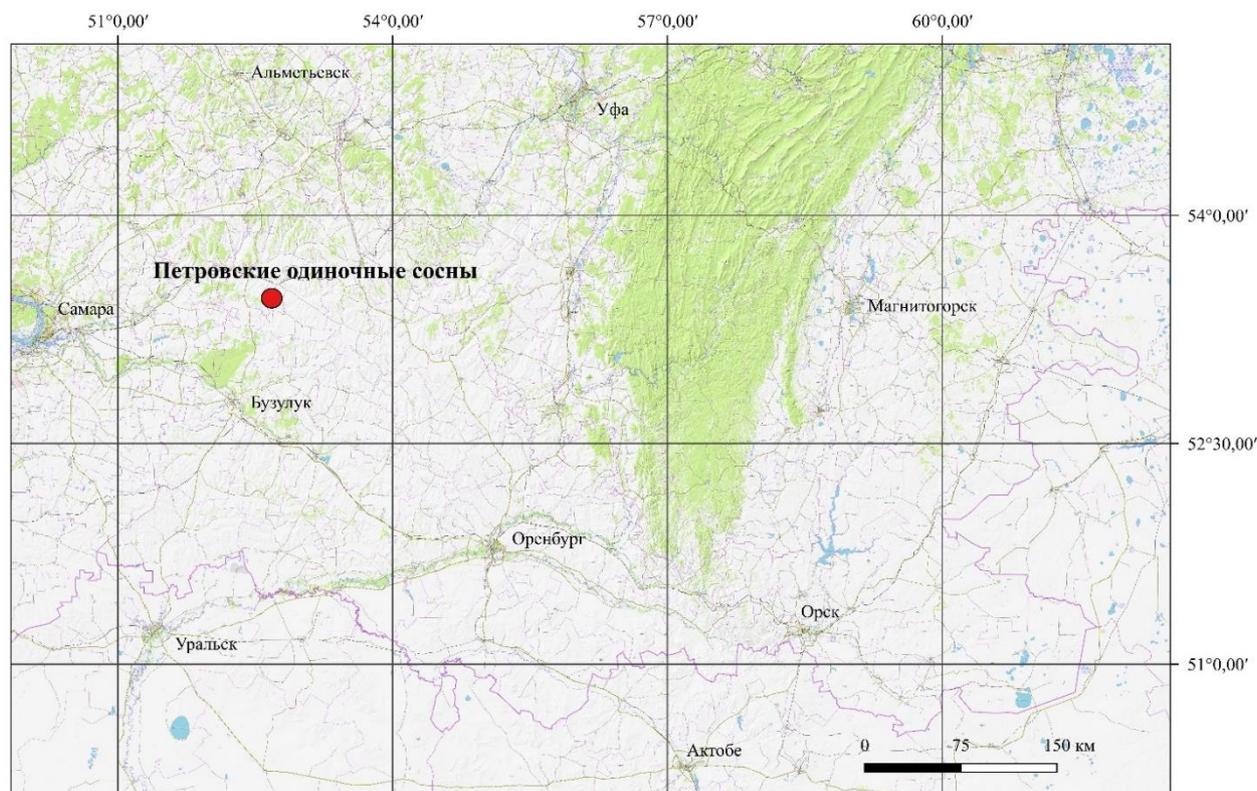


Рисунок 1 – Расположение особо охраняемой природной территории областного значения памятника природы «Петровские одиночные сосны» на территории Оренбургской области

Для исключения из полученных после измерения рядов прироста изменчивости, не связанной с климатом, проводилась стандартизация исходных рядов прироста в программе ARSTAN [14]. Возрастные кривые вычислялись по алгоритму «Friedman super smoother» [15]. Стандартизированные ряды прироста деревьев подвергали «выбеливанию» – удалению авторегрессионной составляющей [16]. Хронологии деревьев объединяли робастным усреднением в стандартные (STD), а «выбеленные» ряды – в остаточные (RES) хронологии. Для оценки надежности хронологий использовали статистику EPS (expressed population signal), значение которой показывает, в какой степени реальная хронология отражает гипотетическую, представленную бесконечным количеством деревьев [17]. При значениях  $EPS \geq 0,85$  хронология считается достаточно представительной [18].

Метеорологические данные (количество месячных осадков и средние месячные температуры воздуха) за период 1901-2022 гг. были взяты из базы данных CRU TS (Climatic Research Unit gridded Time Series) 4.05 [19] с пространственным разрешением  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  по широте и долготе, которые покрывают территорию с расположенными на ней ТП ( $53,0^\circ$ - $53,5^\circ$  с.ш.,  $52,5^\circ$ - $53,0^\circ$  в.д.). Данные доступны на сайте Королевского метеорологического института Нидерландов (the Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), <http://climexp.knmi.nl/>).



Рисунок 2 – Границы особо охраняемой природной территории регионального значения памятник природы Оренбургской области «Петровские одиночные сосны» (1-14 – объекты исследования, деревья *Pinus sylvestris* L.)



Рисунок 3 – Особо охраняемая природная территория регионального значения памятник природы Оренбургской области «Петровские одиночные сосны». Июнь 2023 г. (Фото: Вельмовский П.В.)

### Результаты и обсуждение

#### Характеристика деревьев.

Деревья сосны обыкновенной в пределах памятника природы «Петровские одиночные сосны» (деревья № 1-13, в северной части объекта) и на прилегающей к нему территории (дерево № 14, западнее объекта) произрастают одиночно на склонах холма. Высота сосен от 6 до 13 м, диаметр вблизи основания стволов 20-33 см (табл. 1). В нижней части стволов у многих деревьев имеются пожарные подсуши (рис. 4В).

Таблица 1 – Сведения о деревьях

№ деревьев	Высота деревьев, м	Диаметр на высоте взятия образцов, см	Толщина коры, см	Координаты, WGS-84
1	10	23	1,5	53.455429, 52.619586
2	12	33	2	53.455249, 52.619936
3	13	33	2,5	53.455008, 52.619474
4	12	27	2	53.45487, 52.619684
5	11	31	2,5	53.454923, 52.620012
6	7	20	2	53.454938, 52.620021
7	9	26	2,5	53.455006, 52.620081
8	10	27	1,5	53.454864, 52.620099
9	12	25	2,5	53.454793, 52.620154
10	12	23	2	53.454763, 52.620368
11	12	25	2	53.454714, 52.620323
12	6	23	2	53.453487, 52.621363
13	8	32	3	53.453834, 52.619562
14*	10	33	3	53.452407, 52.614354

Примечание: \* – дерево произрастает вне границ особо охраняемой природной территории.



А



Б



В

Рисунок 4 – Деревья сосны с различной степенью развитости крон: А – с менее развитой кроной, Б – с более развитой кроной, В – пожарная подсушина (А – дерево № 1; Б и В – дерево № 2) (Фото: Вельмовский П.В.)

Ряды прироста, полученные в результате измерения ширины годичных слоев.

Ряды радиального прироста, полученные в результате измерений, у разных деревьев имеют выраженную индивидуальность по величине прироста, связанную с различным состоянием крон. Деревья с более развитой кроной характеризуются большей величиной прироста (дерево Б, рис. 4-5) по сравнению с деревьями с менее развитой кроной (дерево А, рис. 4-5). В радиальном приросте деревьев присутствуют депрессии прироста. Так у дерева № 1 имеется длительная депрессия прироста с 1921 по 1988 гг. (рис. 5А), что свидетельствует о сильном его повреждении в 1921 г. Среднее значение прироста у деревьев на всем интервале протяженности рядов находится в интервале от 1,13 до 2,53 мм (табл. 2). Коэффициент чувствительности у различных деревьев варьирует от 0,28 до 0,44 (табл. 2), с средним значением  $0,36 \pm 0,05$ . При значениях коэффициента чувствительности более 0,3 ряд прироста

считается чувствительным [20]. В рядах прироста присутствует значительная автокорреляция, что является влиянием на прирост текущего года погодных условий предшествующего года (табл. 2).

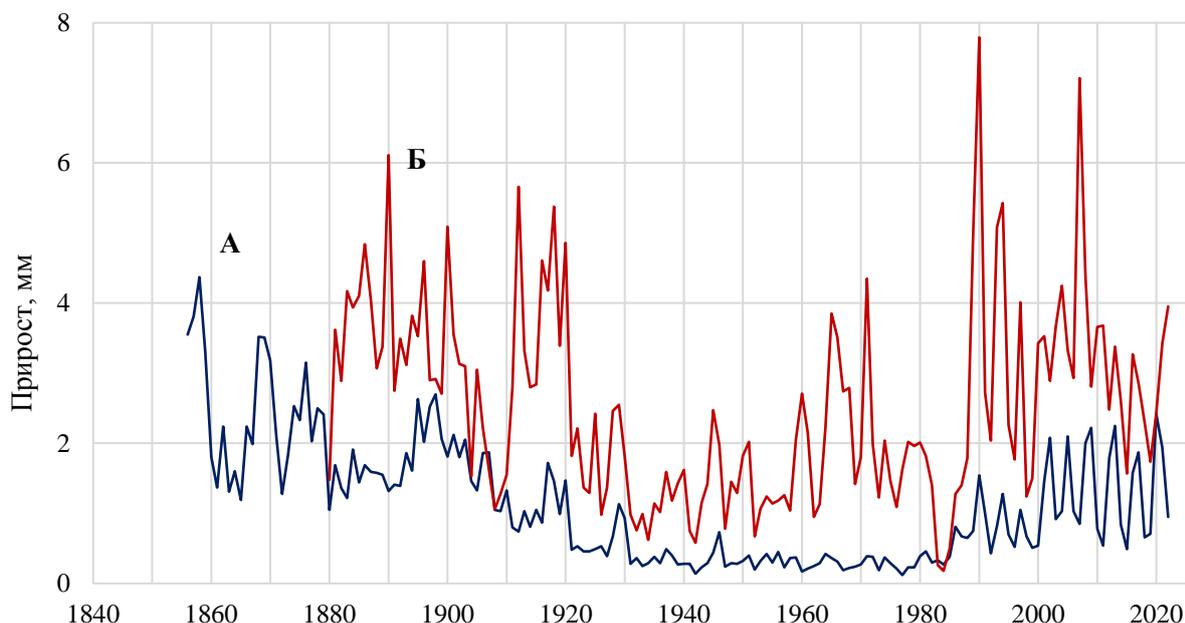


Рисунок 5 – Ряды радиального прироста двух деревьев сосны, произрастающих в памятнике природы «Петровские сосны». А – ряд сосны с менее развитой кроной, Б – ряд сосны с более развитой кроной

Таблица 2 – Статистические характеристики рядов прироста деревьев

№ дерева	Интервал рядов прироста, годы	Длина рядов, лет	Среднее значение прироста, мм	Стандартное отклонение	MS	AC1
1	1856-2022	167	1,126	0,890	0,349	0,800
2	1880-2022	143	2,530	1,409	0,379	0,562
3	1895-2022	128	1,917	2,333	0,332	0,936
4	1863-2022	160	1,329	1,178	0,298	0,905
5	1885-2022	138	1,489	1,454	0,435	0,856
6	1880-2022	143	1,155	1,373	0,318	0,945
7	1893-2022	130	1,635	1,600	0,374	0,883
8	1879-2022	144	1,401	1,312	0,430	0,876
9	1877-2022	146	1,492	1,160	0,399	0,855
10	1882-2022	141	1,361	1,085	0,414	0,808
11	1889-2022	134	1,314	0,918	0,409	0,733
12	1890-2022	133	0,905	0,524	0,376	0,566
13	1848-2022	175	1,474	1,274	0,276	0,891
14	1851-2022	172	1,707	1,179	0,293	0,866

Примечание: MS – средняя чувствительность на полных интервалах рядов прироста; AC1 – автокорреляция первого порядка.

Возраст деревьев.

При оценке возраста деревьев была использована методика, основанная на анализе кривой изменения радиуса ствола со временем (годы) роста дерева. Начальная точка этих кривых по оси ординат соответствовала значению  $R_0$  – расстоянию от первого слоя в образце

до центра ствола (рис. 6). Недостающий на графике участок кривых от значения 0 до  $R_0$  определялся экстраполяцией начального участка кривых изменения радиуса ствола (рис. 6). Для оценки возраста дерева от календарного года формирования центрального слоя на высоте взятия образца вычиталось количество лет, за которые дерево выросло до высоты, на которой был взят образец (табл. 3). В результате был определен возраст деревьев на 2023 год, с минимальным значением 141 год и максимальным 183 года (табл. 3).

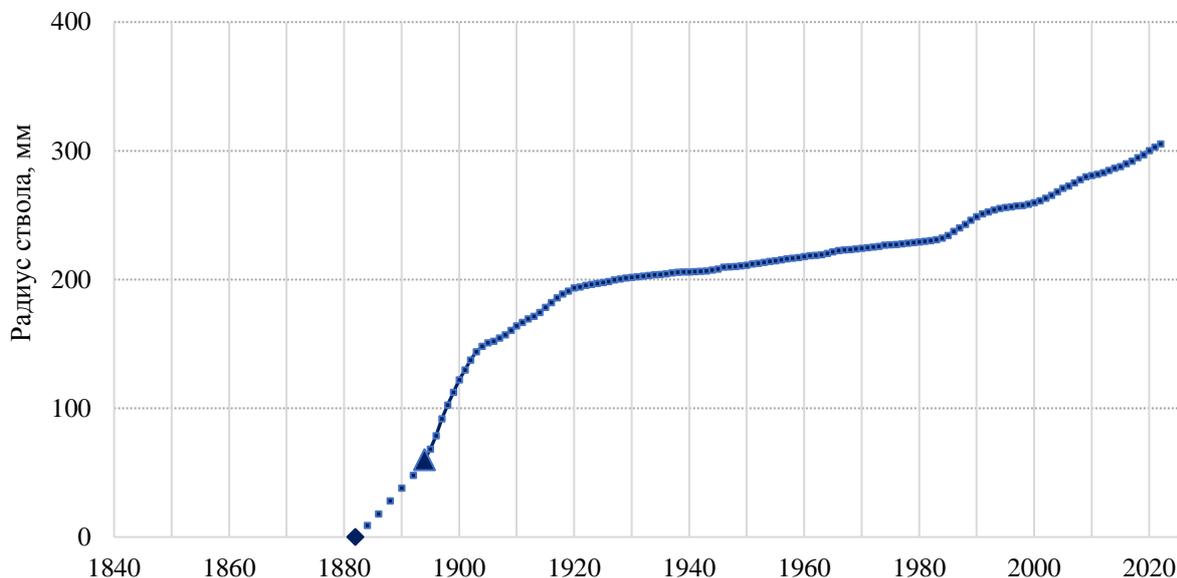


Рисунок 6 – Кривая изменения радиуса ствола дерева № 3. Пунктирная линия – экстраполяция кривой изменения радиуса до центра ствола. Треугольником обозначен радиус  $R_0$ , ромбом – центр ствола

Таблица 3 – Оценка количества годовичных слоев на высоте взятия образцов, времени формирования центральных слоев и возраста деревьев

№ дерева	Центральный слой в образцах	$R_0$ , мм	Оценка количества слоев на $R_0$	Оценка времени формирования центрального слоя на высоте взятия образцов (0,2-0,3 м)	Оценка времени формирования центрального слоя на уровне земли	Оценка возраста на 2023 г.,
1	1856	18	5	1850	1847	177
2	1880	10	3	1877	1874	150
3	1895	60	12	1882	1879	145
4	1863	40	13	1849	1846	178
5	1885	20	5	1879	1876	148
6	1880	12	8	1871	1868	156
7	1893	35	6	1886	1883	141
8	1879	10	5	1873	1870	154
9	1877	5	2	1874	1871	153
10	1882	3,5	2	1880	1877	147
11	1889	35	12	1876	1873	151
12	1890	130	7	1882	1879	145
13	1848	3	3	1844	1841	183
14	1851	15	5	1846	1843	181

Хронологии прироста.

В программе ARSTAN было построено три типа хронологий – усреднением рядов абсолютного прироста в мм (RAW), усреднением стандартизированных рядов прироста (STD) и усреднением «выбеленных» рядов прироста (RES), полученных после удаления автокорреляционной компоненты (табл. 4, рис. 7). Протяженность надежного интервала хронологий, на котором значение выраженного сигнала (EPS) превышает 0,85 составила 141 год для RES хронологии и 143 года для STD хронологии (1880-2022 гг.).

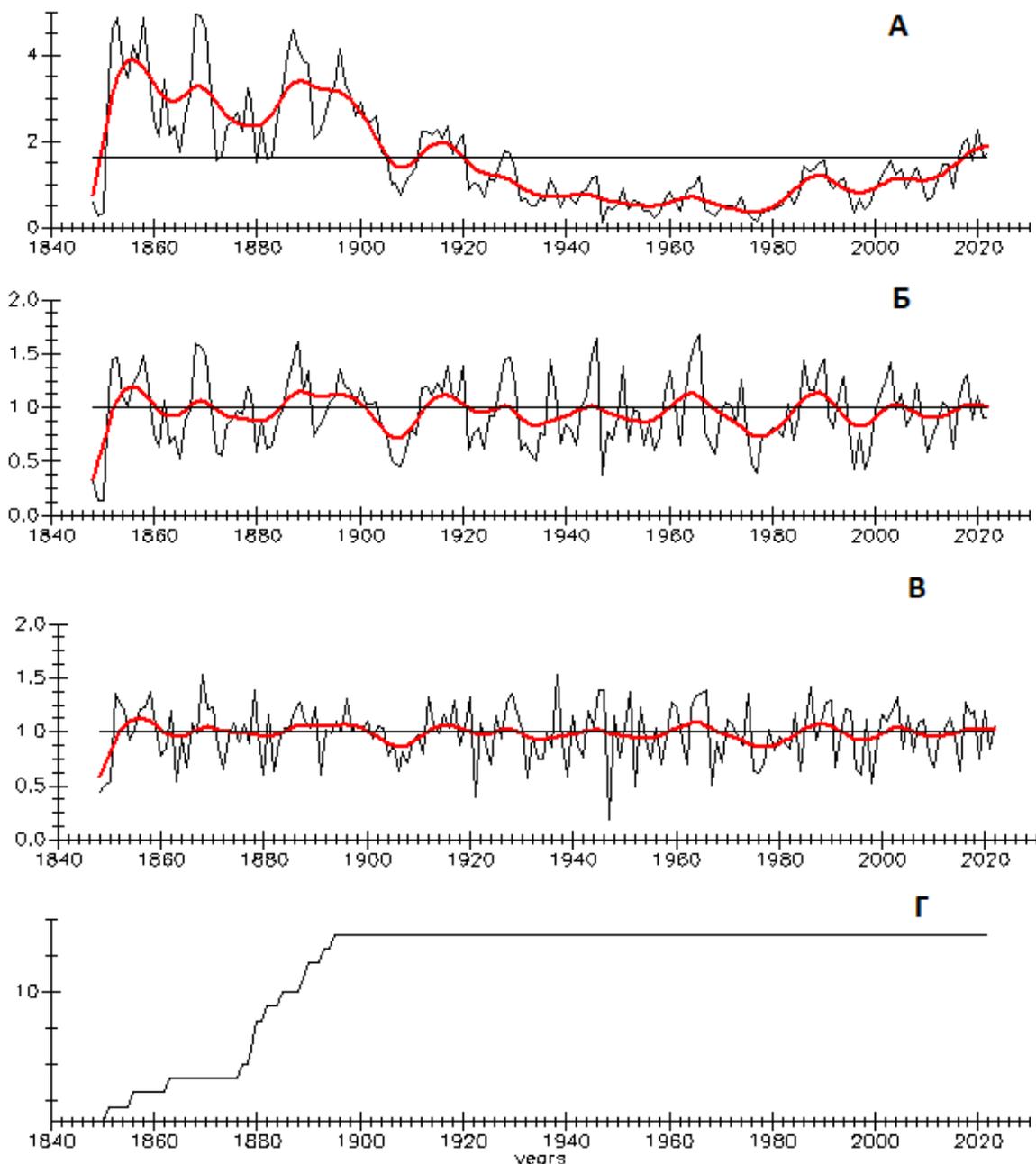


Рисунок 7 – Хронологии радиального прироста: А – RAW, Б – STD, В – RES; Г– количество деревьев в хронологиях на временной шкале; жирные линии – усредненный прирост

Таблица 4 – Статистические характеристики хронологий

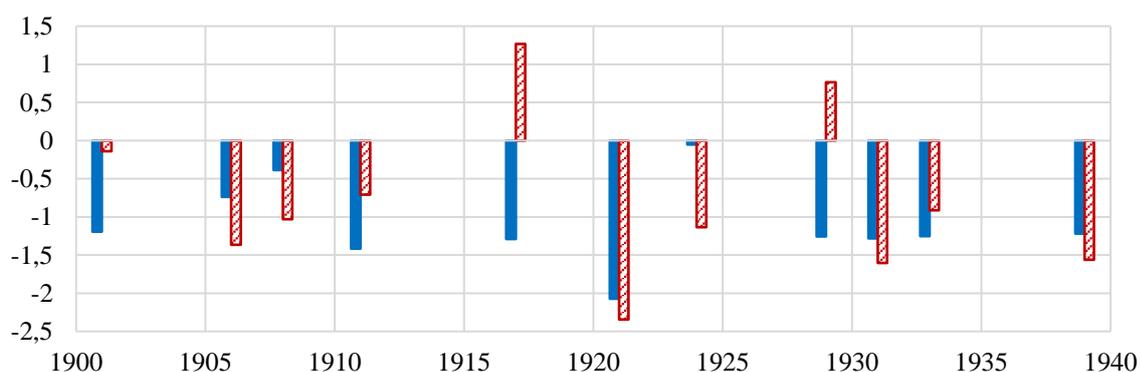
Тип хронологии	N	Интервал хронологии	Надежный временной интервал	MS	$r_{bt}$	AC1
RAW	14	1848-2022	1882-2022	0,287	0,577	0,889
STD	14	1848-2022	1880-2022	0,260	0,432	0,516
RES	14	1848-2022	1882-2022	0,283	0,405	0,093

*Примечание:* N – количество деревьев в хронологии. Надежный временной интервал был определен как период с  $EPS \geq 0,85$ ; MS – средняя чувствительность на полных интервалах хронологий,  $r_{bt}$  – среднее значение коэффициента корреляции между стандартизированными рядами роста деревьев на максимально возможных временных интервалах перекрытия; AC1 – автокорреляция первого порядка.

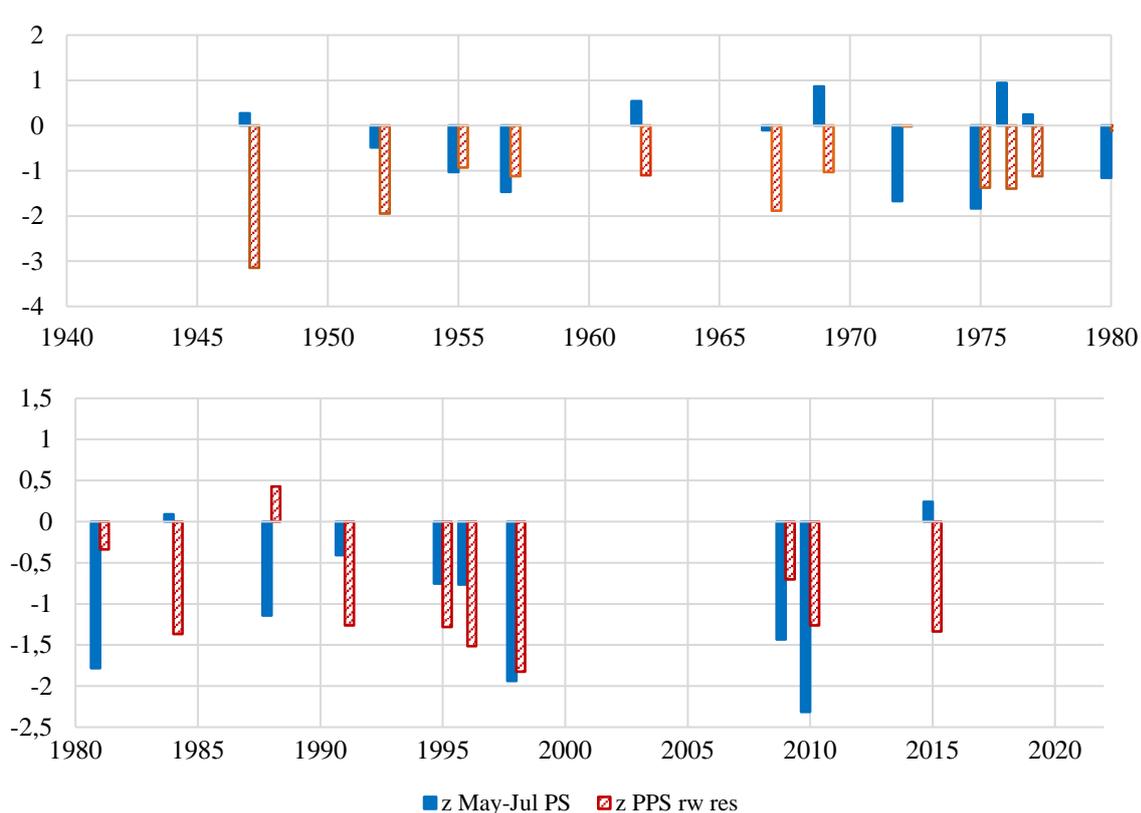
Сопоставление минимумов прироста с осадками мая-июля в годы засух.

Засушливые условия возникают при значительном дефиците атмосферных осадков в летние месяцы, в которые формируется основная часть прироста (май-июль). Сопоставление минимумов прироста с осадками мая-июля в годы засух проводилось с использованием остаточной (RES) хронологии, которая не содержит автокорреляцию (табл. 4). В рядах осадков и хронологии прироста наибольший интерес представляют годы, в которые осадки и прирост сильно отклонялись от среднего значения. Такие отклонения были разделены на две категории: умеренно засушливые, когда отклонение от среднего в единицах стандартного отклонения ( $Z$ -значение) превышало соответственно в отрицательную сторону одно стандартное отклонение; и экстремально засушливые – при превышении отклонения значений осадков и индексов прироста от среднего на два стандартных отклонения.

В период с 1901 по 1940 гг. было 7 умеренно засушливых летних сезонов (в 1901, 1911, 1917, 1929, 1931, 1933 и 1939 гг.) и один экстремально засушливый летний сезон – в 1921 году (рис. 8А). Прирост сосны отреагировал на умеренно засушливые условия сильным снижением в 1931, 1933 и 1939 гг. и особенно сильным снижением в год экстремально засушливого летнего сезона 1921 года (рис. 8). В период с 1941 по 1980 гг. было 5 умеренно засушливых летних сезонов (в 1955, 1957, 1972, 1975 и 1980 гг.) (рис. 8Б). В этот период прирост сосны отреагировал на умеренно засушливые условия сильным снижением в 3 случаях из 5 (в 1955, 1957 и 1975 гг.), с наибольшим снижением в 1975 г. ( $z = -1,83$ ) (рис. 8). В период с 1981 по 2022 гг. было 4 умеренно засушливых летних сезонов (в 1981, 1988, 1998 и 2009 гг.) и один экстремально засушливый летний сезон – в 2010 году (рис. 8В). В этот период прирост сосны отреагировал на умеренно засушливые условия сильным снижением только в 1998 году ( $z = -1,82$ ) и на экстремально засушливый летний сезон в 2010 году ( $z = -1,26$ ) (рис. 8). С другой стороны, в годы сильного снижения прироста в 1947, 1952, 1962, 1967, 1969, 1976, 1977, 1984, 1991, 2015 гг. не было засушливых условий в мае-июле (рис. 8Б). Это свидетельствует о том, что сильное снижение прироста в эти годы было связано не с климатическими условиями, а с другими негативными для роста деревьев факторами (возможно пожарами).



A



Б

В

Рисунок 8 – Сопоставление минимумов радиального прироста (столбики со штриховкой) с осадками мая-июля (столбики с сплошной заливкой) и осадков мая-июля в годы засух с величиной прироста. По оси ординат z значения – значения сравниваемых величин, выраженных в единицах их стандартных отклонений

### Выводы

В работе представлены результаты анализа радиального прироста сосны обыкновенной, которые проводились на территории регионального памятника природы Оренбургской области «Петровские одиночные сосны». Возраст деревьев сосны обыкновенной к настоящему времени составляет 140-185 лет. Радиальный прирост сосны характеризуется чувствительностью к изменчивости климатических факторов. Основным фактором, лимитирующим радиальный прирост сосны, являются осадки мая-июля. В годы засух, как правило, происходило сильное снижение величины прироста. За период метеоданных (с 1900 г.) в годы умеренно засушливых условий (1931, 1939, 1957, 1975 и 1998 гг.) и сильных засух (1921 и 2010 гг.) сформировался аномально низкий прирост. Сильное снижение прироста в 1947, 1952, 1962, 1967, 1969, 1976, 1977, 1984, 1991, 2015 годах не было связано с климатическими условиями, поскольку в эти годы не наблюдалось засушливых условий в мае-июле, что свидетельствует о том, что сильное снижение прироста в эти годы было связано с другими негативными для роста деревьев факторами.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность ГКУ «Дирекция особо охраняемых природных территорий областного значения Оренбургской области» за содействие в проведении дендрохронологических исследований.

Исследование выполнено в рамках государственных заданий по темам: № ГР АААА-А21-121011190016-1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем»; № 075-00570-24-01, № 123020800001-5 «Анализ и прогноз комплексного влияния

*антропогенных факторов и климатических изменений на растительный покров Южно-Уральского региона».*

### Список литературы

1. Агафонов Л.И., Кукарских В.В. Изменение климата прошлого столетия и радиальный прирост сосны в степи Южного Урала // *Экология*. 2008. № 3. С. 173-180.
2. Малышева Н.В., Быков Н.И. Дендроклиматический анализ ленточных боров Западной Сибири // *Известия РАН. Сер. геогр.* 2011. № 6. С. 68-77.
3. Бабушкина Е.А., Белокопытова Л.В. Климатический сигнал в радиальном приросте хвойных в лесостепи юга Сибири и его зависимость от локальных условий местопроизрастания // *Экология*. 2014. № 5. С. 323-331.
4. Кучеров С.Е., Васильев Д.Ю., Мулдашев А.А. Реконструкция осадков мая-июня по радиальному приросту сосны обыкновенной на Бугульминско-Белебеевской возвышенности для территории Башкирии // *Экология*. 2016. № 2. С. 83-93. DOI: 10.7868/S0367059716010078.
5. Васильев Д.Ю., Кучеров С.Е., Семенов В.А., Чибилёв А.А. Реконструкция атмосферных осадков по радиальному приросту сосны обыкновенной на Южном Урале // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2020. Т. 490. № 1. С. 37-42. DOI: 10.1134/S1028334X20010110.
6. Belokopytova L.V., Zhirnova D.F., Krutovsky K.V., Mapitov N.B., Vaganov E.A., Babushkina E.A. Species- and Age-Specific Growth Reactions to Extreme Droughts of the Keystone Tree Species across Forest-Steppe and Sub-Taiga Habitats of South Siberia // *Forests* 2022. No. 13. P. 1027. DOI: 10.3390/f13071027.
7. Рыгалова Н.В., Харламова Н.Ф. Пространственно-временной анализ формирования узких годичных колец сосны ленточных боров степной зоны Западной Сибири // *Известия РАН. Сер. геогр.* 2021. Т. 85. № 1. С. 109-119. DOI: 10.31857/S2587556621010131.
8. МГЭИК. 2014: Изменение климата. 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Ред.: Р.К. Пачаури, Л.А. Мейер. Женева: МГЭИК, 2014. 163 с.
9. Чибилёв А.А. Природное наследие Оренбургской области. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1996. 384 с.
10. Распоряжение главы администрации Оренбургской области от 21 мая 1998 г. № 505-р «О памятниках природы Оренбургской области». URL: <https://docs.cntd.ru/document/952003262> (дата обращения: 27.03.2024).
11. Постановление Правительства Оренбургской области № 121-п от 25 февраля 2015 года «О памятниках природы областного значения Оренбургской области». URL: <https://mpr.orb.ru/documents/active/1550/> (дата обращения: 27.03.2024).
12. Постановление правительства Оренбургской области от 21.11.2023 № 1152-п «О внесении изменений в постановление Правительства Оренбургской области от 25.02.2015 № 121-п». URL: <https://orenburg-gov.ru/upload/uf/435/dpz832qrhc90xjlojhjbsb3p48pzdxd76/11211152p.pdf> (дата обращения: 27.03.2024).
13. Rinn F. TSAP V 3.6 Reference manual: computer program for tree-ring analysis and presentation. Heidelberg: RINNTECH, 1996. 263 p.
14. Cook E.R., Krusic P.J. Program ARSTAN (Version 41d). Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, NY, 2005.
15. Friedman J.H. A Variable Span Smoother. Tech. Rep. N 5. Dept. of Statistics, Stanford University, 1984.
16. Cook E.R. A time-series analysis approach to tree-ring standardization. Ph.D. Dissertation. Tucson: University of Arizona, 1985. 171 p.
17. Wigley T.M.L., Briffa K.R., Jones P.D. On the average value of correlated time series. with application in dendrochronology and hydrometeorology // *J. of Climate and Applied Meteorology*. 1984. Vol. 23. P. 201-213.

18. Briffa K.R., Jones P.D. Basic chronology statistics and assessment // *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1990. P. 137-152
19. Harris I., Osborn T.J., Jones P., Lister D. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset // *Scientific data*. 2020. Vol. 7. No. 1. P. 1-18. DOI: 10.1038/s41597-020-0453-3
20. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 03.05.2024

Принята к публикации 19.09.2024

**CHARACTERISTICS OF THE RADIAL GROWTH OF THE *PINUS SYLVESTRIS* L. OF THE REGIONAL NATURAL MONUMENT OF THE ORENBURG REGION "PETROVSKY SOLITARY PINES"**

**\* S. Kucherov<sup>1,2</sup>, \*\*P. Velmovskiy<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

<sup>2</sup>Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia  
e-mail: \*skucherov@mail.ru, \*\*velmovski@mail.ru

The analysis of the radial growth of Scots pine in the territory of a specially protected natural area of regional significance of the natural monument of the Orenburg region "Petrovsky solitary pines" is carried out. The age of the trees has been determined for 2023, with a minimum value of 141 years and a maximum of 183 years. It is shown that the radial growth of pine trees is highly sensitive to the variability of environmental conditions from year to year. During the years of droughts, as a rule, there was a strong decrease in the radial growth. In tree-ring series there are growth depressions associated, in our opinion, with damage to trees by fires.

*Key words:* *Pinus sylvestris* L., tree-rings, droughts.

**References**

1. Agafonov L.I., Kukarskikh V.V. *Izmenenie klimata proshlogo stoletiya i radial'nyi prirost sosny v stepi Yuzhnogo Urala*. *Ekologiya*. 2008. N 3. S. 173-180.
2. Malysheva N.V., Bykov N.I. *Dendroklimaticheskii analiz lentochnykh borov Zapadnoi Sibiri*. *Izvestiya RAN. Ser. geogr.* 2011. N 6. S. 68-77.
3. Babushkina E.A., Belokopytova L.V. *Klimaticheskii signal v radial'nom priroste khvoynykh v lesostepi yuga Sibiri i ego zavisimost' ot lokal'nykh uslovii mestoproizrastaniya*. *Ekologiya*. 2014. N 5. S. 323-331.
4. Kucherov S.E., Vasil'ev D.Yu., Muldashev A.A. *Rekonstruktsiya osadkov maya-iyunya po radial'nomu prirostu sosny obyknovnoy na Bugul'minsko-Belebeevskoi vozvyshennosti dlya territorii Bashkirii*. *Ekologiya*. 2016. N 2. S. 83-93. DOI: 10.7868/S0367059716010078.
5. Vasil'ev D.Yu., Kucherov S.E., Semenov V.A., Chibilev A.A. *Rekonstruktsiya atmosferykh osadkov po radial'nomu prirostu sosny obyknovnoy na Yuzhnom Urale*. *Doklady Rossiiskoi akademii nauk. Nauki o Zemle*. 2020. T. 490. N 1. S. 37-42. DOI: 10.1134/S1028334X20010110.
6. Belokopytova L.V., Zhirnova D.F., Krutovsky K.V., Mapitov N.B., Vaganov E.A., Babushkina E.A. *Species- and Age-Specific Growth Reactions to Extreme Droughts of the Keystone*

Tree Species across Forest-Steppe and Sub-Taiga Habitats of South Siberia. *Forests* 2022. No. 13. P. 1027. DOI: 10.3390/f13071027.

7. Rygalova N.V., Kharlamova N.F. Prostranstvenno-vremennoi analiz formirovaniya uzkiikh godichnykh kolets sosny lentochnykh borov stepnoi zony Zapadnoi Sibiri. *Izvestiya RAN. Ser. geogr.* 2021. T. 85. N 1. S. 109-119. DOI: 10.31857/S2587556621010131.

8. MGEIK. 2014: *Izmenenie klimata. 2014 g.: Obobshchayushchii doklad. Vklad Rabochikh grupp I. II i III v Pyatyi otsenochnyi doklad Mezhpripravitel'svennoi gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata.* Red.: R.K. Pachauri, L.A. Meier. Zheneva: MGEIK, 2014. 163 s.

9. Chibilev A.A. *Prirodnoe nasledie Orenburgskoi oblasti.* Orenburg: Orenburgskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1996. 384 s.

10. Rasporyazhenie glavy administratsii Orenburgskoi oblasti ot 21 maya 1998 g. N 505-r "O pamyatnikakh prirody Orenburgskoi oblasti". URL: <https://docs.cntd.ru/document/952003262> (data obrashcheniya: 27.03.2024).

11. Postanovlenie Pravitel'stva Orenburgskoi oblasti N 121-p ot 25 fevralya 2015 goda "O pamyatnikakh prirody oblastnogo znacheniya Orenburgskoi oblasti". URL: <https://mpr.orb.ru/documents/active/1550/> (data obrashcheniya: 27.03.2024).

12. Postanovlenie pravitel'stva Orenburgskoi oblasti ot 21.11.2023 N 1152-p "O vnesenii izmenenii v postanovlenie Pravitel'stva Orenburgskoi oblasti ot 25.02.2015 N 121-p". URL: <https://orenburg-gov.ru/upload/uf/435/dpz832qrlc90xjlojhjsb3p48pzd76/11211152p.pdf> (data obrashcheniya: 27.03.2024).

13. Rinn F. *TSAP V 3.6 Reference manual: computer program for tree-ring analysis and presentation.* Heidelberg: RINNTECH, 1996. 263 p.

14. Cook E.R., Krusic P.J. *Program ARSTAN (Version 41d).* Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, NY, 2005.

15. Friedman J.H. *A Variable Span Smoother.* Tech. Rep. N 5. Dept. of Statistics, Stanford University, 1984.

16. Cook E.R. *A time-series analysis approach to tree-ring standardization.* Ph.D. Dissertation. Tucson: University of Arizona, 1985. 171 p.

17. Wigley T.M.L., Briffa K.R., Jones P.D. On the average value of correlated time series. with application in dendrochronology and hydrometeorology. *J. of Climate and Applied Meteorology.* 1984. Vol. 23. P. 201-213.

18. Briffa K.R., Jones P.D. Basic chronology statistics and assessment. *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences.* Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1990. P. 137-152

19. Harris I., Osborn T.J., Jones P., Lister D. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific data.* 2020. Vol. 7. No. 1. P. 1-18. DOI: 10.1038/s41597-020-0453-3

20. Shiyatov S.G. *Dendrokronologiya verkhnei granitsy lesa na Urale.* M.: Nauka, 1986. 136 s.

### Сведения об авторах:

Кучеров Сергей Евгеньевич

Д.б.н., старший научный сотрудник, Институт степи УрО РАН; старший научный сотрудник, Уфимский институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН

ORCID 0000-0001-7734-1725

Kucherov Sergey

Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Senior Researcher, Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences

Вельмовский Павел Владимирович

К.г.н., старший научный сотрудник, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-0492-6850

Velmovskiy Pavel

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

**Для цитирования:** Кучеров С.Е., Вельмовский П.В. Характеристика радиального прироста *Pinus sylvestris* L. регионального памятника природы Оренбургской области «Петровские одиночные сосны» // Вопросы степеведения. 2024. № 3. С. 90-102. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-3-90-102