

ЭКОЛОГИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

Научная статья

УДК 630*56

doi: 10.26897/2949-4710-2023-1-59-67



Анализ динамики радиального прироста *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe на разных участках профиля склона

Федор Николаевич Лисецкий¹, Светлана Викторовна Калугина¹
Марина Александровна Польшина^{1,2}

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

² Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Марина Александровна Польшина, polshina@rgau-msha.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения радиального прироста сосны крымской, произрастающей в предгорно-лесостепной зоне (в Белогорском районе) Крымского полуострова. Тип климата – умеренно континентальный. Исследования проводили с целью оценки влияния положения места произрастания на локальном склоне на общую ширину годичного кольца. В геоморфологическом отношении точки отбора образцов располагались по профилю пологого выпуклого склона восточной экспозиции. Образцы древесины отбирали на участках в пределах нижней, средней и приводораздельной частях склона, а также на вершине водораздела реки Биюк-Карасу. Для каждой части склона построены обобщенные древесно-кольцевые хронологии, средний возраст хронологий – 50 лет. В итоге проведенных исследований удалось установить синхронность в динамике прироста деревьев, произрастающих в нижней части склона и на водоразделе. Наиболее чувствительными к воздействию факторов внешней среды оказались сосны, произрастающие на средних участках склона. Сосны, произрастающие на приводораздельной части склона, реагируют с лагом около 11 лет. Анализ построенных хронологий показывает, что в течение последних 50 лет радиальный прирост сопоставим с динамикой метеопараметров. Проведен анализ корреляций полученных хронологий со значениями среднемесячных температур воздуха и годовым количеством осадков по данным метеостанции Симферополь. Для нижних и средних частей склона, а также для водораздела сумма осадков является более значимой, чем температура воздуха. Установлены корреляционные связи между индексом радиального прироста нижних и средних участков склона, а также водораздела с суммой осадков мая, и летних месяцев как текущего, так и предыдущего годов. Для деревьев сосны крымской, произрастающих на приводораздельных частях склона, более значимой является температура воздуха летних месяцев текущего и предыдущего годов. Установленная теснота связи может быть использована для реконструкции климатических условий Крымского полуострова.

Ключевые слова: дендрохронология, радиальный прирост, годичные кольца, сосна крымская (*Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe), температура воздуха, годовая сумма осадков, Крымский полуостров, метеостанция Симферополь, предгорья, лесостепь

Для цитирования: Лисецкий Ф.Н., Калугина С.В., Польшина М.А. Анализ динамики радиального прироста *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe на разных участках профиля склона // Тимирязевский биологический журнал. 2023. № 1. С. 59–67. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-59-67>

© Лисецкий Ф.Н., Калугина С.В., Польшина М.А.

ECOLOGY, SOIL SCIENCE, LAND MANAGEMENT, LAND CADASTRE AND LAND MONITORING

Original article

doi: 10.26897/2949-4710-2023-1-59-67

Analysis of Radial Growth Dynamics of *Pinus Nigra Subsp. Pallasiana* (Lamb.) Holmboe in Different Parts of the Slope Profile

Fedor N. Lisetski¹, Svetlana V. Kalugina¹, Marina A. Polshina^{1,2}

¹ Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Corresponding author: Marina A. Polshina, polshina@rgau-msha.ru

Abstract. The results of the research of radial growth of *Pinus nigra* trees growing in the foothill-forest-steppe zone (in Belgorodsk district) with continental climate type of the Crimean Peninsula are presented. The research was conducted to evaluate the influence of the location of the growth site on the local slope on the total width of the annual ring.

Geomorphologically, the sampling points were located along the profile of a gentle convex slope of eastern exposure. Wood samples were collected at sites within the lower, middle and watershed parts of the slope, as well as at the top of the Biyuk-Karasu River watershed. Generalised tree-ring chronologies were obtained for each part of the slope, the average age of the chronologies being 50 years. As a result of the research, a synchronism in growth dynamics of trees growing in the lower part of the slope and in the watershed was established; the radial growth of *Pinus nigra* trees in the middle parts of the slope reacts the earliest to the influence of environmental factors. The reaction lag of radial growth in the watershed part of the slope is about 11 years. Analysis of the constructed chronologies shows that over the past 50 years, the radial growth is comparable to the dynamics of meteorological parameters. The analysis of correlations of the obtained chronologies with the values of average monthly air temperatures and annual precipitation according to the data of the Simferopol meteorological station was carried out. For the lower and middle parts of the slope, as well as for the watershed, the amount of precipitation is more significant than air temperature. Correlations have been established between the radial growth index of the lower and middle parts of the slope, as well as watershed and the sum of precipitation in May, and the summer months of both the current and previous years. For *Pinus nigra* trees growing on the watershed parts of the slope, air temperatures of summer months of the current and previous year are more significant. The established close relationship can be used to reconstruct climatic conditions of *Pinus nigra* trees.

Keywords: dendrochronology, radial growth, annual rings, *Pinus nigra* (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), air temperature, annual precipitation, Crimean Peninsula, weather station Simferopol, foothills, forest-steppe

For citation: Lisetskii F.N., Kalugina S.V., Polshina M.A. Analysis of Radial Growth Dynamics of *Pinus Nigra* Subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe in Different Parts of the Slope Profile // Timiryazev Biological Journal. 2023;1:59–67. (In Rus.). <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-59-67>

Введение

В качестве ответа на вопрос о том, могут ли склоновые процессы быть отражены в динамике радиального прироста деревьев, произрастающих на этих склонах, ряд опубликованных исследований подтверждает, что произрастание деревьев на разных участках склонов отражается на радиальном приросте древесины. Так, установлено, что к увеличению радиального прироста видов ива мохнатая и ива сизая (*Salix Lanata L.*, *Salix Glauca L.*) приводит повышение дренируемости верхних слоев почвы в нижних частях склонов либо в местах аккумуляции оползней [6].

В условиях Республики Чувашия деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) в верхней и нижней частях склона, где условия по обеспеченности влагой, освещенности и минеральному питанию значительно хуже, прирастают заметно медленнее, а средние части склона обладают самыми высокими показателями радиального прироста [1]. Лиственница Гмелина (*Larix gmelinii (Rupr.) Kuzen.*) имеет меньший радиальный прирост на склонах северной экспозиции, причем чувствительность лиственницы к осадкам не зависит от экспозиции склона [4].

Климатический отклик в радиальном приросте хвойных деревьев региона Горный Алтай выражается несинхронно в пределах одного склона в связи с неравномерностью распределения температуры воздуха на склонах [3]. Установлено, что сила влияния высоты места произрастания составляет до 43% воздействия на радиальный прирост можжевельника высокого (*Juniperus excelsa M. Bieb.*) в горном Крыму среди всех абиотических факторов среды, а в засушливые годы интенсивность влияния данного фактора снижается в два раза [2]. Сосна крымская (*Pinus nigra subsp.pallasiana (Lamb.) Holmboe*) может иметь лучшие показатели прироста в нижней части склона по сравнению с верхней [8].

Ряд работ освещает исследования, обосновывающие эффективность применения древесины сосны крымской в качестве объекта дендроклиматических и дендрохронологических исследований Крыма [9, 10, 11]. Сосна крымская – один из долгоживущих видов деревьев Крымского полуострова. В древности сосна крымская покрывала чуть ли не все склоны и отроги гор Крыма до морских берегов. Более 85% известных событий опасных природных явлений, случившихся на территории Южного берега Крыма, зафиксированы в динамике радиального прироста сосны крымской [9]. В ширине годичного кольца сосны крымской зафиксировано большинство засух, случившихся в период 1620–2002 гг.н.э., подтвержденных в исторических документах Крыма в XVII–XIX вв., что также коррелирует с динамикой годовой толщины осадков из озера Саки [11]. Благодаря использованию анализа древесных колец сосны крымской доказана эффективность реконструкции нестабильности склонов (в основном движений блокового типа, камнепадов, оползней и селевых потоков), которая в свою очередь обусловлена действием климатических факторов [10]. Однако показательным было бы расширить рамки существующих исследований за счет включения результатов изучения радиального прироста сосны крымской в пределах локального склона на территории Крымского полуострова.

Цель исследований заключалась в оценке влияния положения места произрастания на радиальный прирост древесины сосны крымской в пределах профиля склона, расположенного в предгорно-лесостепной зоне (в Белгородском районе) с умеренно-континентальным типом климата Крымского полуострова. Учитывая орографические особенности Крымского полуострова, полученные данные можно использовать для калибровки с катеной смены климатических показателей от северо-западных частей Крыма до Южного берега Крыма (ЮБК).

В соответствии с целью задачами исследования стали: отбор дендрохронологических образцов по профилю склона; построение древесно-кольцевых хронологий для разных участков профиля склона; расчет индексов радиального прироста; анализ динамики индексов радиального прироста; оценка климатического сигнала в радиальном приросте древесины на разных участках профиля склона.

Методика исследований

Склон, где производили отбор образцов, расположен в пределах участка леса Пристепного лесничества (квартал 1, выдел 4) близ села Вишенное (Белогорский район Республики Крым) на правом берегу реки Биюк-Карасу (рис. 1). Согласно материалам лесоустройства древостой участка исследования образован дубом пушистым (*Quercus pubescens Willd*), в подлеске клен остролистный (*Acer platanoides L.*), боярышники однопестичный (*Crataegus monogyna Jacq.*) и кроваво-красный (*C. sanguine Pall.*), скумпия кожаная (*Cotinus coggygri Scop.*), сосны крымская и обыкновенная.

В геоморфологическом отношении точки отбора образцов располагались по профилю пологого выпуклого склона восточной экспозиции. Характеристика склона (рис. 2): расстояние от вершины водораздела до нижних частей склона – 312 м, превышение – 19 м, уклон 3.48° (6.09%). Образцы древесины отбирали на нижних, средних и приводораздельных участках склона правого берега реки Биюк-Карасу, а также на вершине водораздела.

Оценку радиального прироста производили по кернам, отобранным осенью 2020 г. на высоте 1,3 м, перпендикулярно продольной оси ствола дерева с помощью приростного бурава Пресслера (производитель Naglöf), с восточной и/или западной сторон стволов здоровых деревьев – без признаков поражения и угнетения, с густой кроной, с неповрежденной хвоей (категория состояния – 1–2). Всего отобрано 16 образцов (по 4 на каждом участке склона). Возраст полученных хронологий в среднем составляет 40–50 лет.

Измерение ширины годичных колец производили устройством для измерения годичных колец LINTAB-6 (с точностью $1 \cdot 10^{-3}$ мм) в комплекте с платформой TSAP-Win (Professional 4.0). С помощью TSAP-Win™ Professional построена результирующая средняя хронология Half-chrono по всем индивидуальным древесно-кольцевым хронологиям для каждого участка склона. Перечень дендрохронологических образцов живой древесины приведен в таблице 1. Для контроля за правильностью измерений использовали процедуру перекрестной датировки с Half-chrono. Для перекрестной датировки использовали показатели совместимости индивидуальных хронологий: GLK – показатель совместимости – сумма интервалов равной крутизны, %; CC – перекрестная корреляция, %; GSL – уровень совместимости, % [5].

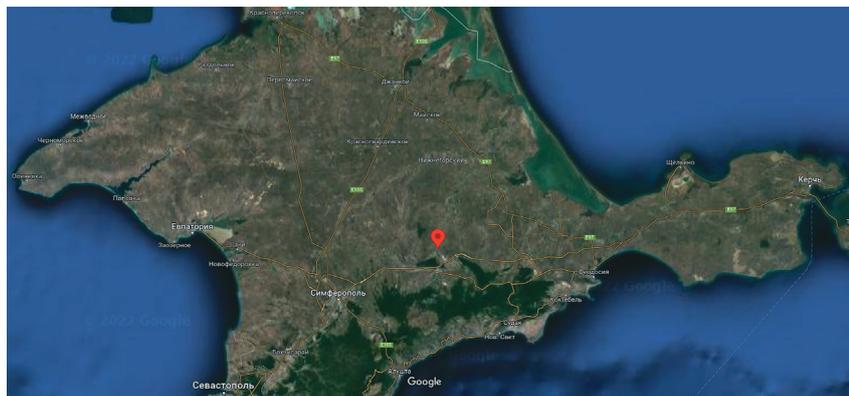


Рис. 1. Место расположения объекта отбора образцов

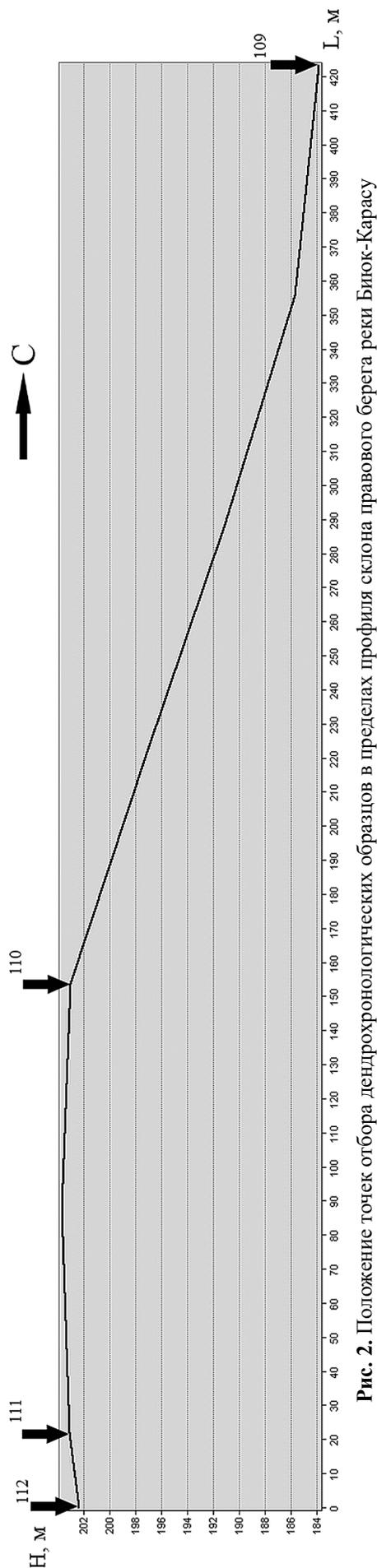


Рис. 2. Положение точек отбора дендрохронологических образцов в пределах профиля склона правого берега реки Биюк-Карасу

Таблица 1

Наименование дендрохронологических образцов и результаты перекрестной датировки

Наименование образца (серия древесно-кольцевой хронологии)	Межсерийная синхронность (GLK), %	Уровень межсерийной совместимости (GSL) ¹ , %	Перекрестная корреляция (CC), %
20-Нижняя(6)-1	64	*	85
20-Нижняя (6)-2	69	**	86
20-Нижняя-56–1	62	*	71
20-Нижняя-56–3	59		69
20-Средняя(60.S)-1.1	64	*	75
20-Средняя (60.S)-2	79	***	82
20-Средняя (69.S)	71	***	89
20-Средняя (69.S)-2	81	***	67
20-Приводораздельная(66)-1	67	**	77
20-Приводораздельная (66)-3	67	*	71
20-Приводораздельная-47–1	79	***	71
20-Приводораздельная-47–3	70	*	69
20-Водораздел(58)-1	67	*	86
20-Водораздел (58)-2	60		73
20-Водораздел (80)-1	66	*	87

По итогам исследований можно отметить, что все индивидуальные древесно-кольцевые хронологии образцов имеют достаточно высокую корреляционную связь радиального прироста (CC) с Half-chrono, достаточную синхронность (GLK), что по шкале синхронности С.Г. Шиятова (1986) соответствует среднему и высокому уровням, при колебаниях показателя $GLK = 68–89$ [7]. Следовательно, полученные хронологии принадлежат одной совокупности.

Статистическое нормирование ширины годичных колец проводили для преобразования разнородных исходных данных радиального прироста в одну безмерную (коэффициентную) плоскость значений в виде индекса прироста (формула 1):

$$I_t = \frac{W_t}{Y_t}, \quad (1)$$

где I – индекс прироста; W – фактическая ширина годичного кольца; Y – сглаженная ширина годичного кольца для года t .

Для анализа климатической обстановки использовали данные метеостанции Симферополь (UPM 00033946, период инструментальных наблюдений с 1886 г.). Устранение пропусков в среднемесячных метеорологических данных осуществляли средними показателями за 5 предыдущих и 5 последующих от пропуска лет.

Результаты и их обсуждение

По данным метеостанции Симферополь, в 1984–1987 гг. начался подъем среднегодовой температуры воздуха, достигнув максимальных показателей в 2007–2010 гг. (рис. 3). Рост среднегодового значения температуры воздуха происходил за счет температур летних месяцев, а также сентября и ноября (в 2007–2010 гг. отмечены максимально высокие температуры за весь период наблюдений метеостанции). Одновременно с этим в 2002–2010 гг. отмечен резкий минимум годовых осадков (рис. 4). Линии тренда, приведенные на графиках, описывают статистически значимые повышение среднегодовой

¹ * –95,0%; –99,0%; –99,9%.

температуры воздуха и снижение годовой суммы осадков. Снижение количества годовой суммы осадков происходило в основном за счет минимумов осадков весенних и летних месяцев, а также сентября.

Для оценки чувствительности радиального прироста к изменениям климатической обстановки Крымского полуострова проводили корреляционный анализ между индексами радиального прироста и значениями метеопараметров (среднегодовой температурой воздуха и годовой суммой осадков).

Динамика индекса радиального прироста сосны крымской на исследуемых участках профиля склона представлена на рисунке 5.

Динамика радиального прироста деревьев, произрастающих в нижней части склона и на водоразделе, является синхронной. Радиальный прирост сосны крымской, произрастающей в пределах средней части склона, раньше всех реагирует на воздействие факторов внешней среды. А позже всех реагирует на воздействие факторов внешней среды радиальный прирост деревьев приводораздельной части склона (зона экотона) – лаг реакции составляет около 11 лет.

В рядах индексов прироста сосны крымской на всех участках профиля склона наблюдаются периоды высокого и низкого прироста. Период высокого прироста отмечается в 1990-е гг., а период минимального прироста зафиксирован в 2000–2012 гг., что можно сопоставить с подъемом среднегодовой температуры воздуха и одновременным снижением годовой суммы осадков, зафиксированными в этот период по данным метеостанции Симферополь.

Для оценки тесноты связи между климатическими явлениями и приростом древесины сосны крымской, произрастающей на разных участках профиля склона, проводили корреляционный анализ индексов радиального прироста и значений основных метеопараметров (среднемесячной температуры воздуха и годовой суммы осадков).

Для радиального прироста изученных деревьев сосны крымской, произрастающих на нижних и средних частях склона, а также на водоразделе сумма осадков более является значимой, чем температура воздуха. Получены прямые достоверные невысокие корреляционные связи между индексом радиального прироста и суммой осадков мая, июня и августа как текущего, так и предыдущего годов (рис. 6–7). Для деревьев, произрастающих на водоразделе, также значимыми являются осадки февраля текущего и предыдущего годов (рис. 8).

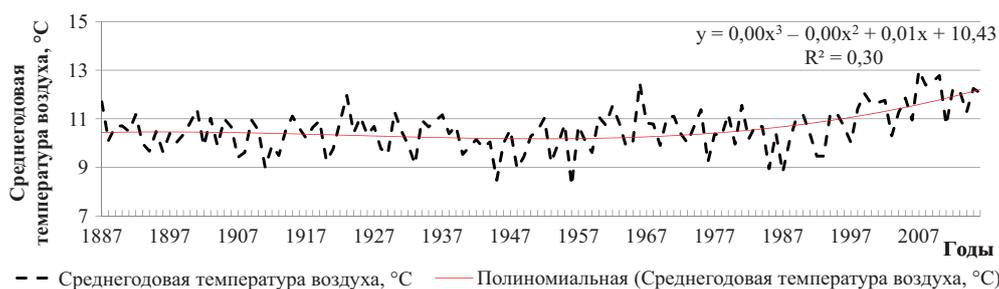


Рис. 3. Динамика среднегодовой температуры приземного слоя воздуха по данным метеостанции Симферополь

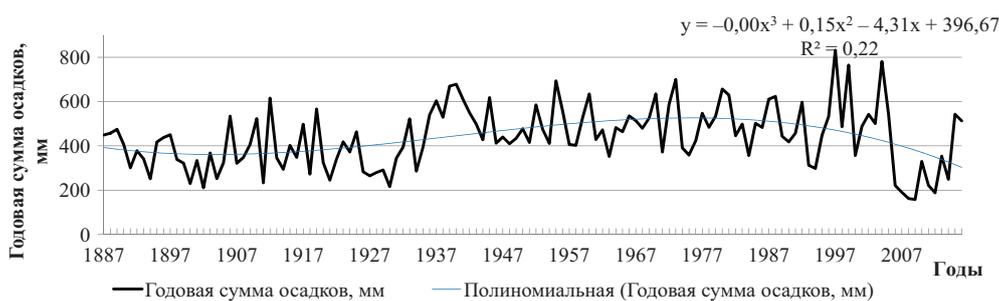


Рис. 4. Динамика годовой суммы осадков по данным метеостанции Симферополь



Рис. 5. Динамика индекса радиального прироста сосны крымской в пределах профиля склона

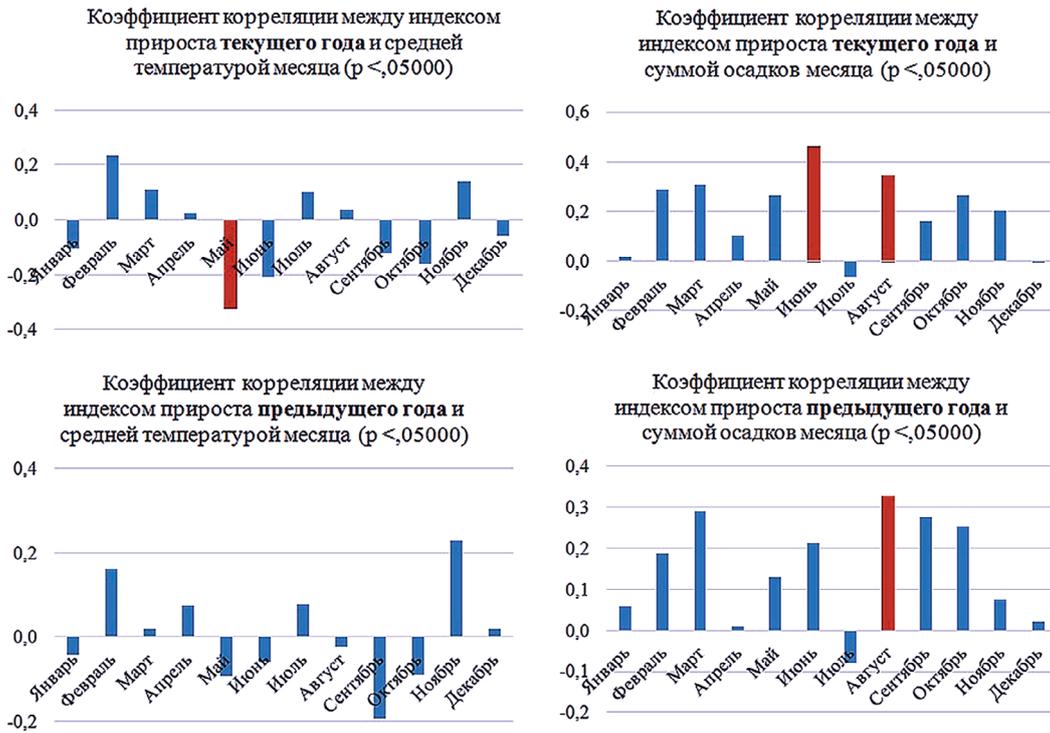


Рис. 6. Коэффициент корреляции между значениями метеопараметров и индексом радиального прироста деревьев сосны крымской, произрастающих на нижней части склона

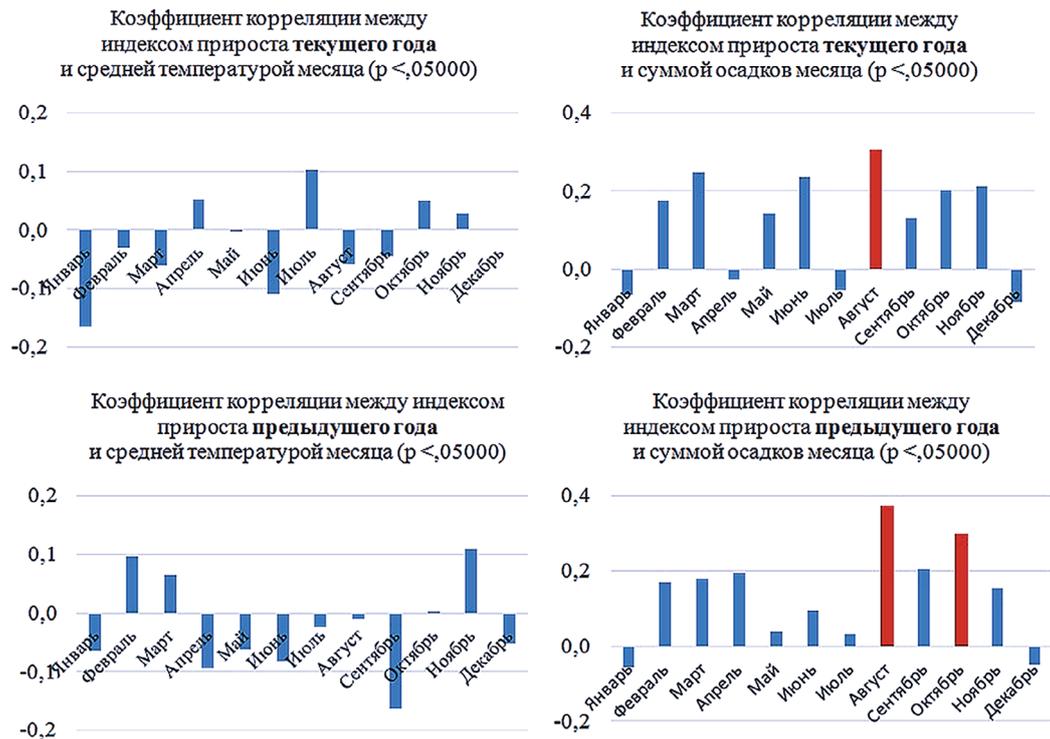


Рис. 7. Коэффициент корреляции между значениями метеопараметров и индексом радиального прироста деревьев сосны крымской, произрастающих на средней части склона

Для радиального прироста деревьев сосны крымской, произрастающих на приводораздельных частях склона, в отличие от остальных изученных участков оказалась более значимой температура воздуха. Получены прямые достоверные невысокие корреляционные зависимости между индексом радиального прироста и среднемесячными температурами мая, июня, июля, сентября текущего года и всех летних месяцев предыдущего года (рис. 9). С осадками всех месяцев установлена обратная корреляционная связь радиального прироста на приводораздельных частях склона, имеющая достоверное значение только для осадков мая предыдущего года.

Одной из причин пространственной неоднородности реакции радиального прироста выступают особенности рельефа, оказывающие большое влияние на формирование специфических микроклиматических условий. Различия в распределении в пределах склона тепла, света и влаги, а также специфика его экспозиции отражаются на характере вегетации растений. На приводораздельных частях пологого выпуклого склона восточной экспозиции в Белгородском районе Крыма складываются особые экологические условия, фиксируемые в ширине годичного кольца сосны крымской, значительно отличающиеся от остальных частей изученного склона.

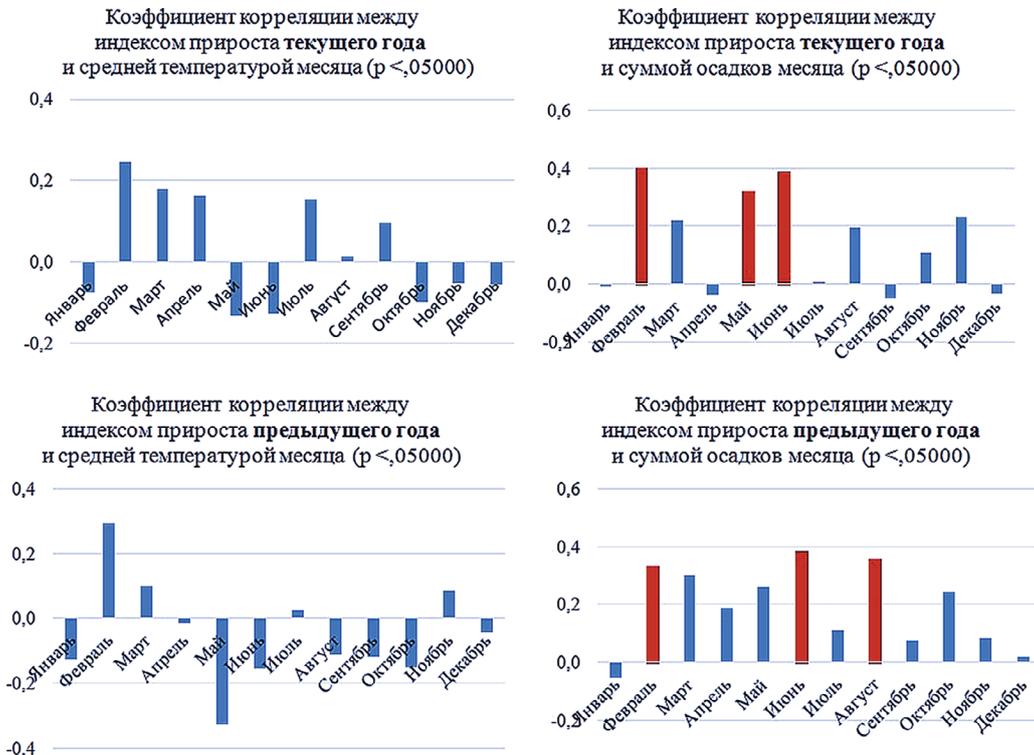


Рис. 8. Коэффициент корреляции между значениями метеопараметров и индексом радиального прироста деревьев сосны крымской, произрастающих на водоразделе

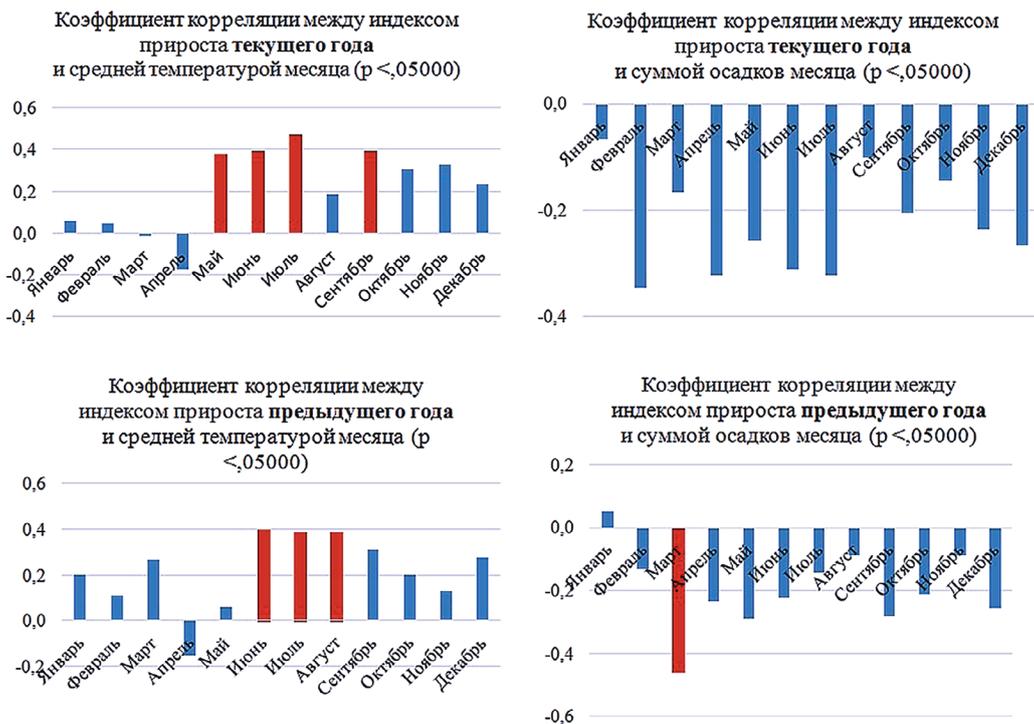


Рис. 9. Коэффициент корреляции между значениями метеопараметров и индексом радиального прироста деревьев сосны крымской, произрастающих на приводораздельной части склона

Выводы

Таким образом, в 2020 г. отобраны дендрохронологические образцы сосны крымской по профилю склона (по 4 образца на нижней, средней, приводораздельной частях склона и на водоразделе реки Бююк-Карасу) на территории Пристепного лесничества в Белогорском районе Республики Крым. По отобраным образцам построены 4 обобщенные древесно-кольцевые хронологии и рассчитаны индексы радиального прироста.

По полученным хронологиям установили, что динамика радиального прироста деревьев, произрастающих в нижней части склона и на водоразделе, является синхронной, а радиальный прирост деревьев сосны крымской, произрастающих на средних участках склона, раньше всех реагирует на воздействие факторов внешней среды. Позже всех в ответ на действие внешних факторов среды отвечает радиальный прирост деревьев приводораздельной части склона (зона экотона), лаг реакции составляет около 11 лет. Можно предположить, что деревья, произрастающие на приводораздельных участках склона, наименее чувствительны к воздействию изучаемых факторов среды, и данные условия мест произрастания лучше не использовать в дендроклиматических исследованиях.

Анализ динамики индексов радиального прироста позволил установить периоды высокого и низкого прироста, которые можно сопоставить с динамикой температуры воздуха и годовой суммы осадков по данным метеостанции Симферополь. Рост среднегодового значения температуры воздуха в начале 2000-х гг. происходит за счет температур летних месяцев, снижение количества годовой суммы осадков – за счет минимумов осадков весенних и летних месяцев, а также сентября. Эти климатические явления отражены в приросте древесины сосны крымской.

Для деревьев сосны крымской, произрастающих на нижних и средних частях склона, а также на водоразделе, сумма осадков является более значимой, чем температура воздуха. Установлены прямые достоверные невысокие корреляционные связи между индексом радиального прироста, суммой осадков мая и летних месяцев как текущего, так и предыдущего годов. Для деревьев сосны крымской, произрастающих на приводораздельных частях склона, наоборот, более значимой является температура воздуха. Получены прямые достоверные невысокие корреляционные зависимости между индексом радиального прироста и среднемесячными температурами летних месяцев текущего и предыдущего годов.

Установленная теснота связи значений метеопараметров и индексов радиального прироста деревьев сосны крымской, произрастающих на средних и нижних частях склона, а также на водоразделе, может быть использована для калибровки с катеной смены климатических показателей от северо-западных частей Крыма до Южного берега Крыма, а также для реконструкции климатических условий Крымского полуострова.

Список источников

1. Автономов А.Н., Артемьева Г.Н. Рост культур сосны обыкновенной на склонах разной экспозиции // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – № 1. – С. 1946–1949.
2. Коренькова О.О. Влияние абиотических факторов среды на прирост побегов *Juniperus excelsa* M. – Bieb. в Горном Крыму // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2022. – № 21–1. – С. 86–89. doi: 10.14258/pbssm.2022018.
3. Магда В.Н., Ваганов Е.А. Климатический отклик прироста деревьев в горных лесостепях Алтае-Саянского региона // Известия Российской академии наук. Серия «Географическая». – 2006. – № 5. – С. 92–100.
4. Машуков Д.А., Бенькова А.В. Различия в динамике роста лиственницы Гмелина на склонах северной и южной экспозиции северной тайги Центральной Эвенкии // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 3.
5. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методическое пособие / Сост. С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов, В.Б. Круглов, В.С. Мазепа, М.М. Наурызбаев, Р.М. Хантемиров. – Красноярск: КрасГУ, 2000. – 80 с.
6. Николаев А.Н., Самсонова В.В. Влияние склоновых процессов на произрастание ивы на Ямале //

References

1. Avtonomov A.N., Artem'eva G.N. Rost kul'tur sosny obyknovennoy na sklonakh raznoy ekspozitsii [Crop growth of Scots pine on slopes of different exposures]. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2012; 18: 1946–1949. (In Rus.).
2. Koren'kova O.O. Vliyanie abioticheskikh faktorov sredy na prirost pobegov *Juniperus excelsa* M. – Bieb. v Gornom Krymu [Effect of abiotic environmental factors on shoot growth of *Juniperus excelsa* M. – Bieb. in the Crimean Mountains]. Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii. 2022; 21–1: 86–89. doi: 10.14258/pbssm.2022018 (In Rus.).
3. Magda V.N., Vaganov E.A. Klimaticheskii otklik prirosta derev'ev v gornykh lesostepyakh Altae-Sayanskogo regiona [Climatic response of tree growth in the mountain forest-steppes of the Altai-Sayan region]. Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2006; 5: 92–100. (In Rus.).
4. Mashukov D.A., Ben'kova A.V. Razlichie v dinamike rosta listvennitsy Gmelina na sklonakh severnoy i yuzhnoy ekspozitsii severnoy taygi Tsentral'noy Evenkii [Differences in growth dynamics of Gmelin's larch on slopes of northern and southern exposures of the northern taiga of Central Evenkia]. Vestnik KrasGAU. 2014; 3. (In Rus.).
5. Shiyatov S.G., Vaganov E.A., Kirdyanov A.V., Kруглов V.B., Mazepa V.S., Naurzbaev M.M., Khantemirov R.M. Metody dendrokronologii. Chast' I. Osnovy dendrokronologii. Sbor i poluchenie drevesno-kol'tsevoy informatsii. Uchebno-metodich. posobie [Methods of dendrochronology. Part I. Basics of dendrochronology. Collection and acquisition of tree-ring information. Study guide]. Krasnoyarsk: KrasGU, 2000: 80. (In Rus.).
6. Nikolaev A.N., Samsonova V.V. Vliyanie sklonovykh protsessov na proizrastanie ivy na Yamale [Effect of slope processes

Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2012. – № 12. – С. 195–203.

7. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале: монография. – М.: Наука, 1986. – 137 с.

8. Матвиенко Е.Ю., Таран С.С., Кружилин С.Н., Свищов И.П. Эколого-мелиоративная эффективность применения видов рода *Pinus* на склоновых землях степных ландшафтов // Международные научные исследования. – 2017. – № 1 (30). – С. 30–36.

9. Šilhán K. Snow Avalanches and Debris Flows in the Mediterranean Conditions of the Southern Coast of the Crimean Mountains: Dendrogeomorphic Reconstruction // *Catena*. – 2022. – Vol. 218. doi:10.1016/j.catena.2022.106554.

10. Šilhán K., Pánek T., Hradecký J. Tree-ring analysis in the reconstruction of slope instabilities associated with earthquakes and precipitation (the Crimean mountains, Ukraine) // *Geomorphology*. – 2012. – V. 173–174. – Pp. 173–184. doi:10.1016/j.geomorph.2012.06.010.

11. Solomina O., Davi N., D'Arrigo R., Jacoby G. Tree-ring reconstruction of crimean drought and lake chronology correction // *Geophysical Research Letters*. – 2005. – 32 (19). – L19704. – Pp. 1–4. doi:10.1029/2005GL023335.

on willow growth in Yamal]. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya i prirodopol'zovanie*. 2012; 12: 195–203. (In Rus.).

7. Shiyatov S.G. Dendrokronologiya verkhney granitsy lesa na Urale [Dendrochronology of the upper forest border in the Urals]. M.: Nauka, 1986: 137. (In Rus.).

8. Matvienko E.Yu., Taran S.S., Kruzhillin S.N., Svintsov I.P. Ekologo-meliorativnaya effektivnost' primeneniya vidov roda *Pinus* na sklonovykh zemlyakh stepnykh landshaftov [Ecological and reclamation efficiency of *Pinus* species on sloping lands in steppe landscapes]. *Mezhdunarodnye nauchnye issledovaniya*. 2017; 1(30): 30–36. (In Rus.).

9. Šilhán K. Snow Avalanches and Debris Flows in the Mediterranean Conditions of the Southern Coast of the Crimean Mountains: Dendrogeomorphic Reconstruction. *Catena*. 2022; 218. doi:10.1016/j.catena.2022.106554.

10. Šilhán K., Pánek T., Hradecký J. Tree-ring analysis in the reconstruction of slope instabilities associated with earthquakes and precipitation (the Crimean Mountains, Ukraine). *Geomorphology*. 2012; 173–174: 173–184. doi:10.1016/j.geomorph.2012.06.010.

11. Solomina O., Davi N., D'Arrigo R., Jacoby G. Tree-ring reconstruction of crimean drought and lake chronology correction. *Geophysical Research Letters*. 2005; 32(19); L19704: 1–4. doi:10.1029/2005GL023335.

Сведения об авторах

Федор Николаевич Лисецкий, директор Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов, доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра, НИУ «БелГУ», д-р геогр. наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»; 308015, Российская Федерация, г. Белгород, ул. Победы, 85; e-mail: fnliset@mail.ru., <https://orcid.org/0000-0001-9019-4387>.

Светлана Викторовна Калугина, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра НИУ «БелГУ», канд. биол. наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»; 308015, Российская Федерация, г. Белгород, ул. Победы, 85; e-mail: kalugina_s@bsu.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3144-4563>.

Марина Александровна Польшина, начальник отдела инновационного развития РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра НИУ «БелГУ», канд. геогр. наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: polshina@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0363-1556>.

About the authors

Fedor N. Lisetsii, DSc (Geog), Professor, Head of Federal Regional Centre of Aerospace and Surface Monitoring of Sites and Natural Resources, Professor of Department of Nature Management and Land Cadastre, Belgorod State National Research University (85 Pobedy Str., Belgorod, 308015, Russian Federation); E-mail: fnliset@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9019-4387>.

Svetlana V. Kalugina, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor of Department of Nature Management and Land Cadastre, Belgorod State National Research University (85 Pobedy Str., Belgorod, 308015, Russian Federation); E-mail: kalugina_s@bsu.edu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3144-4563>.

Marina A. Polshina, CSc (Geog), Associate Professor of the Department of Nature Management and Land Cadastre, Belgorod State National Research University, Head of Innovative Development Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str, Moscow, 127434, Russian Federation); E-mail: polshina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0363-1556>.