

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.4/16>

УДК 630*182:581.5 (470.343)



Влияние извержений вулканов на радиальный прирост деревьев в лесах Республики Марий Эл

Юрий П. Демаков ✉, YPDemakov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7153-5729>

ФГБУ «Государственный заповедник «Большая Кокшага», ул. Воинов-Интернационалистов, 26, г. Йошкар-Ола, 424038, Российская Федерация

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, 3, г. Йошкар-Ола, 424005, Российская Федерация

Представлены данные по многолетней динамике индексов радиального прироста деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели финской (*Picea x fennica* (Regel) Kom.), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в лесах Республики Марий Эл (Среднее Поволжье, Россия), что необходимо для получения фундаментальных знаний о реакциях деревьев и биогеоценозов в целом на воздействия различных факторов среды. Исследования проведены в разных типах лесорастительных условий Республики Марий Эл по традиционной в дендрохронологии методике, предусматривающей взятие кернов древесины, измерение ширины годовичных колец деревьев и последующую математическую обработку исходных временных рядов (выделение возрастного тренда, вычисление индексов годовичного прироста и последующее их сглаживание способом скользящего среднего с лагом 7 лет). Протяженность дендрохронологических рядов варьировала от 70 до 300 лет. Показано, что динамика индексов прироста деревьев в каждом экотопе имеет четко выраженный волнообразный характер, однако период колебаний непостоянен и варьирует в больших пределах. Все снижения величины индексов прироста были связаны с сериями извержений вулканов, а также взрывами сверхновых звезд и мощных вспышек на Солнце, дестабилизирующих состояние климатической системы нашей планеты. Воздействие же текущих погодных аномалий на динамику прироста деревьев проявлялось весьма слабо и не всегда однозначно. Полученные данные свидетельствуют о неоднозначности реакции деревьев в ответ на одни и те же изменения внешних условий, что связано с особенностями генотипической и возрастной структуры их ценопопуляций, а также пространственной неоднородности экотопов и всей литосферы, которая представляет собой сложную фрактально-волновую систему линеаментов (тектонических разломов, водотоков, карстовых пустот и проч.). В связи с этим несостоятельны, на наш взгляд, попытки реконструкции динамики климата в прошлом, особенно изменения температуры и количества осадков, по данным дендрохронологических рядов, которые отражают лишь информацию о степени благоприятности условий для роста деревьев.

Ключевые слова: Республика Марий Эл, деревья, годовичный прирост, динамика, извержения вулканов

Финансирование: Исследование начато в 1988 году и завершено в рамках гранта Российского научного фонда № 23-16-00220, <https://rscf.ru/project/23-16-00220/>.

Благодарности: автор искренне благодарен кандидатам наук А.В. Исаеву, М.Г. Сафину, Д.В. Тишину и Н.В. Андрееву за помощь в сборе материала, а также рецензентам за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Демаков Ю. П. Влияние извержений вулканов на радиальный прирост деревьев в лесах Республики Марий Эл / Ю. П. Демаков // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 4 (52). – Ч. 2. – С. 39–59. – Библиогр.: с. 50–59 (63 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.4/16>.

Поступила 12.10.2023 *Пересмотрена* 29.11.2023. *Принята* 29.11.2023. *Опубликована онлайн* 16.01.2024

Article

The effect of volcanic eruptions on the radial growth of trees in the forests of the Mari El Republic

Yuri P. Demakov ✉, YPDemakov@yandex.ru,  <https://orcid.org/0000-0002-7153-5729>

State Nature Reserve «Bolshaya Kokshaga», Soldiers-Internationalists str., 26, Yoshkar-Ola city, 424038, Russian Federation

Volga State University of Technology, 3 Lenin sq., Yoshkar-Ola, Mari El Republic, 424000, Russian Federation

Abstract

The data of the long-term dynamics of radial growth for *Pinus sylvestris* L., *Picea fennica* (Regel) Kom., *Larix sibirica* Ledeb. and *Quercus robur* L. in the forests of the Mari El Republic (Middle Volga region, Russia) are presented. The objective of the study was to obtain fundamental knowledge about the reactions of trees and biogeocenoses in general to the effects of various environmental factors. The research was conducted in different types of forest and vegetation conditions of Mari El Republic according to the traditional method in dendrochronology, which based on the wood cores, measuring the width of the annual rings of trees and subsequent mathematical processing of the initial time series: highlighting the age trend, calculating the annual growth indices and their smoothing by the method of a moving average with a lag of 7 years. The length of the dendrochronological series varied from 70 to 300 years. Was shown that the dynamics of tree growth indices in each ecotope has a clearly pronounced wave-like character, but the period of fluctuations is unstable and varied within large limits. All decreases in the magnitude of the growth indices were associated with a series of volcanic eruptions and explosions of Supernova and powerful solar flares that destabilized the state of the climate system of our planet. The impact of the current weather anomalies on the dynamics of tree growth was very weak and not always unambiguous. The results indicate the ambiguity of the reaction of trees in response to the same changes in external conditions, which is associated with the peculiarities of the genotypic and age structure of their cenopopulations, as well as the spatial heterogeneity of ecotopes and the entire lithosphere, which is a complex fractal-wave system of lineaments (tectonic faults, watercourses, karst voids, etc.). In this regard, in our opinion, attempts to reconstruct the dynamics of climate in the past, especially changes in temperature and precipitation, according to dendrochronological series, which reflect only information about the degree of favorable conditions for tree growth, are untenable.

Keywords: Republic of Mari El, trees, annual growth, dynamics, causes, volcanic eruptions

Funding: The research was started in 1988 and completed under a grant from the Russian Science Foundation (RSF, № 23-16-00220), <https://rscf.ru/en/project/23-16-00220/>.

Acknowledgments: the author is sincerely grateful to the Candidates of Sciences A.V. Isaev, M.G. Safin, D.V. Tishin and N.V. Andreev for their assistance in data collection and to the reviewers for their contribution to the expert evaluation of the manuscript.

Conflict of interest: the author declares that there is no conflict of interest.

For citation: Demakov Yu. P. (2023). The effect of volcanic eruptions on the radial growth of trees in the forests of the Republic of Mari El. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 4 (52), part 2, pp. 39-59 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.4/16>.

Received 12.10.2023. *Revised* 29.11.2023. *Accepted* 29.11.2023. *Published online* 16.01.2024

Введение

Одним из важнейших аспектов дендрохронологических исследований является получение фундаментальных знаний о реакции деревьев и биогеоценозов в целом на воздействия различных факторов среды. Этой проблеме посвящено множество публикаций [5, 36, 49, 60], перечислить которые невозможно, однако окончательного ответа на поставленный вопрос пока не получено [29, 30, 47], что объясняется, отчасти, недооценкой внутренних свойств лесных экосистем, а также особенностей воздействия на них геофизических аномалий [10, 14, 61]. Так, к примеру, установлено, что после мощных извержений вулканов происходит значительное и продолжительное похолодание в Северном полушарии Земли [42, 54], в результате которого на некоторое время снижается годичный прирост деревьев в лесах северо-запада Евразии [48, 50], русского Севера [4, 19, 20, 38], Республики Беларусь [21, 22] и Среднего Поволжья [9-11].

Анализ температуры воздуха во внетропической зоне северного полушария за последние 2000 лет, выполненный на основе изучения кернов льда из Антарктиды и Гренландии [53, 59, 62], показал, что периодам с относительно слабой вулканической деятельностью соответствовали низкие значения концентрации сернистого аэрозоля в стратосфере и высокие температуры воздуха в Северном полушарии. Пики же концентрации аэрозоля, обусловленные сильными и мощными вулканическими извержениями, соответствовали снижению температуры. Сравнительно длительный теплый период, начавшийся около 800 года н.э. и отмеченный относительно слабой вулканической деятельностью, был прерван серией мощных вулканических извержений, произошедших между 1260-1350, 1420-1570, приведших к значительному и длительному снижению температуры в Северном полушарии, и возникновению малого ледникового периода [3, 52, 57]. Только со второй половины 13-го столе-

тия начался рост температуры, который закончился к середине 15-го столетия в результате катастрофических извержений в 1452-1453 и 1458 годах вулкана Куваэ на Новых Гибридах [56-58]. Во время катастрофического извержения исландского вулкана Лаки в 1783-1784 годах, явившегося крупнейшим геологическим событием в истории Земли за последнюю тысячу лет, в стратосфере образовалось более 200 Мт сернистого аэрозоля [57], вызвав образование облака, которое накрыло собой всю Европу, а также проникло в Северную Африку и Азию. В XVIII веке и первой половине XIX произошла целая серия мощных извержений вулканов, сопровождавшихся сильнейшими землетрясениями [12, 24, 44]. В целом же между 1600 и 1830 годами произошло не менее 12 мощных извержений вулканов, оказавших сильное влияние на температуру воздуха в обоих полушариях Земли, особенно в Северном, где холодный период между 1600 и 1850 годами был наиболее продолжительным за последнюю 1000 лет [42, 51]. Увеличение температуры внетропической части Северного полушария началось лишь после 1850 года, но было вновь прервано извержениями вулканов Кракатау, Мон-Пеле, Суфриер, Санта-Мария и Катмай.

Влияние единичного даже очень сильного извержения имеет, однако, ограниченный временной масштаб и продолжается не более 4-5 лет. Заметное влияние на климат может оказать только серия достаточно мощных вулканических извержений, в результате которых в течение длительного времени поддерживается высокая концентрация аэрозоля в стратосфере [48, 55, 63]. Извержения вулканов, особенно мощных, вызывает, как показали длительные лидарные наблюдения аэрозольного наполнения стратосферы, проводимые с 1976 года, разрушение озонового слоя атмосферы, которое в конце XX века было беспрецедентным и носило аномальный характер [46], что, в свою очередь,

привело к повышению уровня УФ-радиации и подавлению фотосинтеза у растений [17, 18, 50].

Следует отметить, что на Земле насчитывается более 1,5 тыс. активных вулканов и ежегодно происходит около 50 их извержений, т.е. масштабы вулканической деятельности и её вклад в колебания климата огромны. В текущее десятилетие происходит особенно интенсивное увеличение вулканической активности, в связи с этим возникает логичный вопрос – что же будет дальше? Игнорировать угрозу последствий извержения вулканов на сегодня нельзя, это является верхом безрассудства со стороны человечества. Необходимо своевременное получение информации о характере и масштабах их воздействия на биосферу, что даст возможность загодя подготовиться к грядущим событиям [31].

На климатическую систему Земли оказывает влияние не только вулканическая, но и её сейсмическая активность, приводящая к мощным выбросам в атмосферу парниковых газов [15, 32, 33]. Многолетние наблюдения показали, что даже в сейсмически неактивных областях центральной полосы России прослеживается зависимость колебаний среднегодовой температуры воздуха от количества сильнейших землетрясений на всей планете [23, 45]. Наблюдавшееся в последнее время глобальное потепление связано в определенной мере с непосредственным увеличением сейсмичности и наложением не успевших рассеяться тепловых аномалий предыдущих десятилетий. Так, российские ученые показали, что причиной резкого потепления климата в Арктике, отмечавшегося в 1920-1940 годах и в конце XX века, являются мощные землетрясения, произошедшие в Алеутской зоне субдукции примерно за 20 лет до этого, а не деятельность человека [8, 26, 31]. Возникшие деформационные тектонические волны, двигаясь со скоростью около 100 километров в год, способствовали разрушению находящихся в арктическом шельфе метастабильных газогидратов – природных хранилищ метана. В результате этот газ попадал в атмосферу, что и способствовало заметному потеплению арктического климата. Аналогичный сейсмогенно-триггерный механизм работает и в Антарктике [27, 28].

Динамика вулканической деятельности, сейсмичности и климата Земли находятся, в свою очередь, как установлено исследователями, в прямой зависимости от скорости вращения планеты [13, 16, 24, 25], а также действия внешних космических факторов [7, 37]. Неравномерность вращения планеты является одним из наиболее мощных триггеров, воздействующих на земную кору и приводящих к инициализации землетрясений в различных точках планеты. Совокупность протекания различных процессов на Земле связана не только с нестабильностью её вращения, но также вариациями гравитационного и магнитного полей, эндогенной активностью планеты и внутренним энергетическим обменом [2, 6, 39]. Установлено соответствие этих событий 1650-летним и 60-70-летним циклам природной динамики, которые порождены гравитационными взаимодействиями Земли с объектами Солнечной системы [40, 43]. Активизация вулканизма происходит, как показано некоторыми исследователями [34], в результате мощных явлений, происходящих в дальнем космосе, о чем свидетельствует одновременный рост температуры на Земле и на Марсе за последние 30 лет наблюдений.

Цель исследований: выявление отклика деревьев в лесах Республики Марий Эл на воздействие мощных извержений вулканов, дестабилизирующих текущий ход атмосферных процессов на Земле, и сопоставление результатов с данными других исследователей по разным регионам России и сопредельных государств.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели финской (*Picea fennica* (Regel) Kom.), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), произрастающие в чистых и смешанных насаждениях как естественного, так и искусственного происхождения в различных лесорастительных условиях Республики Марий Эл. Исследования проведены по традиционной в дендрохронологии методике, предусматривающей взятие кернов древесины у 12-15 деревьев в каждом экотопе, измерение ширины годовичных колец и последующую математическую обработку исходных

временных рядов (выделение возрастного тренда, вычисление индексов годовичного прироста и последующее их сглаживание способом скользящего среднего с лагом 7 лет). Сглаживанию подвергались также ряды динамики температуры и суммы осадков по ГМС Йошкар-Ола. Дендрохронологические ряды, протяженность которых варьировала от 70 до 300 лет, сопоставляли с хронологией извержений вулканов ($VEI \geq 4$), выставленных на сайте [List_of_volcanic_eruptions_1500–1999](#). Для оценки сопряженности между этими событиями и динамикой годовичного прироста деревьев использовали метод визуального сравнения графиков, поскольку традиционные методы статистики для этого не вполне подходят из-за того, что последствия извержений вулканов имеют не только разное время запаздывания в зависимости от их мощности, места нахождения и сезона года, но и разный эффект в зависимости от сложившейся климатической обстановки.

Результаты и обсуждение

Величина индексов годовичного прироста деревьев во всех экотопах изменяется, как показали расчеты, в весьма значительных пределах (от 20 до 250 %), что свидетельствует о большой мощности экологических факторов, воздействующих на ценопопуляции, высоких адаптационных возможностях последних и способности их произрастать в широком диапазоне условий среды. Величина индексов годовичного прироста деревьев в каждом экотопе изменяется сугубо специфично и в их динамике можно выделить ряд этапов. Так, величина индексов прироста деревьев сосны в лишайниково-мшистом типе леса до 1945-1950 года возрастала, затем до 1975 неуклонно снижалась, а потом вновь увеличивалась (рис. 1). Наиболее благоприятные условия для их роста отмечались здесь в 1940-1955 годах, а самые же неблагоприятные – в 1970-1980.

Динамика индексов годовичного прироста деревьев старшего поколения в этих экотопах иная, хотя и здесь четко проявляется волновая компонента, период которой составляет уже около 110-130 лет (рис. 2).

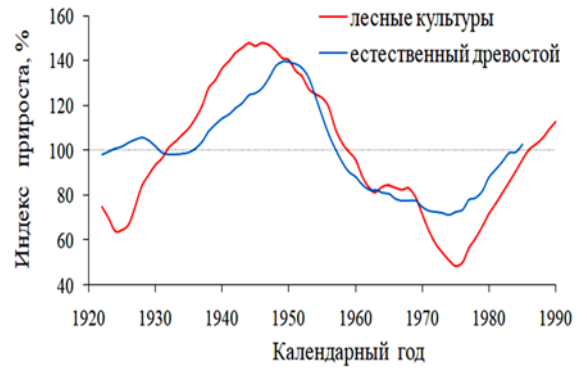


Рисунок 1. Сглаженная по 7-летиям динамика индексов радиального прироста деревьев сосны обыкновенной в лишайниково-мшистом типе леса
Figure 1. The dynamics of indices of radial growth of *Pinus sylvestris* L. trees in lichen-mossy forest type smoothed over 7 years

Источник: собственные исследования автора
Source: author's own research

Первая продолжительная депрессия прироста деревьев отмечалась, как следует из представленных данных, в 1815-1870 гг., а вторая, последовавшая за мощной волной его подъема, в 1930-1980 гг., за которой, опять-таки, произошел резкий подъем.

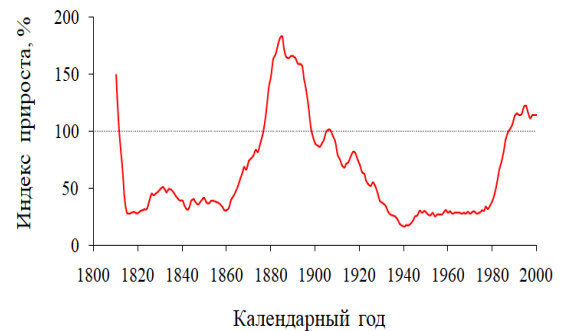


Рисунок 2. Сглаженная по 7-летиям динамика индексов годовичного прироста деревьев старшего поколения в чистых сосняках лишайниково-мшистых естественного происхождения

Figure 2. The dynamics of indices of annual growth of older generation trees in lichen-mossy pine forests of natural origin smoothed over 7 years

Источник: собственные исследования автора
Source: author's own research

Какова же причина возникновения волновых колебаний в динамике индексов годичного прироста деревьев? Однозначно ответить на этот вопрос довольно сложно, однако уверенно можно сказать, что она не связана напрямую с изменением погодных условий, поскольку значения температуры и осадков варьируют без какой-либо четкой периодичности и практически не сопряжены между собой (рис. 3). Статистическая обработка материалов, проведенная нами неоднократно с использованием различных приемов, также не дала положительных результатов [9-11].

Наиболее сильно варьирует во времени в Республике Марий Эл, как следует из приведенных данных, количество выпадающих атмосферных осадков, влияние которых на развитие деревьев и состояние других компонентов биогеоценозов, в том числе почвенной биоты, особенно грибов и микроорганизмов, должно быть, исходя из этого, более значимым, чем температуры воздуха.

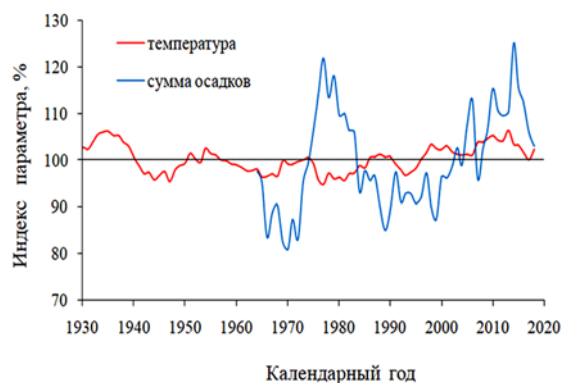


Рисунок 3. Сглаженная динамика индексов температуры и суммы осадков в летний период года на территории Республики Марий Эл
Figure 3. Smoothed dynamics of temperature and precipitation indices in the summer period of the year on the territory of the Republic of Mari El

Источник: собственные исследования автора
Source: author's own research

Возникновение длинноволновых колебаний значений индексов прироста деревьев связано, в определенной мере, с процессом их отпада в ходе развития самого древостоя, так и с взаимоотноше-

ниями с другими компонентами биогеоценозов, в том числе с почвенной биотой, чутко реагирующей на изменение условий среды под пологом леса.

На характер роста деревьев, а также время их появления в естественно развивающихся биогеоценозах, большое влияние оказывают, как показал анализ имеющегося материала, вулканические извержения, землетрясения и аномальные астрофизические явления, дестабилизирующие состояние атмосферы и магнитного поля Земли. Так, молодое поколение деревьев в древостоях естественного происхождения появилось в начале XX столетия после серии мощных извержений вулканов Кальбуко (1893, 1894), Майон (1897), Донья Хуана (1899), Суфриер (1902), Мон-Пеле (1902), Торисима (1902), Санта Мария (1902), Лолобау (1904, 1911), Ксудач (1907), Баурдарбунг (1910), Тааль (1911), Новарупта (1912), Катмай (1912), Колима (1913), Сакурадзима (1914), Тунгурауа (1916), Катла (1918), Келуд (1919) и Манам (1919), а также взрыва сверхновой звезды (1918), вспышек на Солнце (1880, 1917) и интенсивных метеорных дождей (1885, 1887, 1903, 1912). Снижение прироста этих деревьев, продолжавшееся с 1940 по 1975 годы, было сопряжено опять-таки с извержениями вулканов Паракутин (1943-1952), Везувий (1944), Ключевской (1945), Гекла (1947, 1948), Ламингтон (1951), Безымянный (1956), Агунг (1963), Шивелуч (1954), Тааль (1965), Келуд (1966) и Фернандина (1968), мощными землетрясениями в Китае (1939), Турции (1939), Ашхабаде (1948), Алеутской зоне субдукции (1957, 1964, 1965), Марокко (1960), Чили (1960), Иране (1962), Ташкенте (1966), Перу (1970), Китае (1976) и Гватемале (1976), а также вспышками на Солнце (1940, 1947, 1956, 1972) и интенсивными метеорными дождями (1938, 1946, 1947, 1952, 1966).

У самых старых деревьев в данных экотопах ритмика роста была, как следует из приведенных данных, иная. Первое резкое снижение значений индексов прироста, которое началось в 1804 году и перешедшее в глубокую депрессию, продолжавшуюся с 1815 по 1858 годы, было сопряжено с серией извержений вулканов Лаки (1783, 1785), Гримсвётн (1784), Этна (1787), Килауэла (1790),

Везувий (1793), Сан-Мартин-Тустла (1793), Вест-дал (1795), Витори (1800), Сент-Хеленс (1800), Тутупака (1802), Урзелина (1808), Таал (1808), Путана (1810), Суфриер (1812), Аву (1812), Суваноседзима (1813), Майон (1814), Тамбора (1815), Раунг (1817), Галунгунг (1822), Келуд (1826), Авачинский (1827), Ключевской (1829), Бабуян Кларо (1831), Косигуана (1835), Агунг (1843), Невадо-Дель-Руис (1845), Гекла (1845), Фунуалей (1846) и Усу (1853), а также вспышкой на Солнце (1778), взрывом сверхновой (1838) и метеорными дождями (1799, 1803, 1833, 1852). Следующее сильное и продолжительное снижение индексов прироста, отмечавшееся в 1884-1940 годах, началось после серии извержений вулканов Аскья (1875), Суваноседзима (1877), Котопакси (1877), Фуэго (1880) и Кракатау (1883), а также взрыва сверхновой звезды (1868), вспышки на Солнце (1880) и метеорных дождей (1877, 1882). Далее прирост деревьев сдерживали извержения вулканов Кальбуко (1893, 1894), Майон (1897), Донья Хуана (1899), Суфриер (1902), Мон-Пеле (1902), Торисима (1902), Санта Мария (1902), Лолобау (1904, 1911), Ксудач (1907), Баурдарбунг (1910), Тааль (1911), Новарупта (1912), Катмай (1912), Колима (1913), Сакурадзима (1914), Тунгурау (1916), Катла (1918), Келуд (1919), Манам (1919) и Мерапи (1931), а также взрывы сверхновых звезд (1918, 1920, 1925, 1936), вспышки на Солнце (1880, 1917, 1921) и метеорные дожди (1885, 1887, 1903, 1912, 1922, 1933, 1938). Длительная депрессия прироста этих деревьев, продолжавшаяся с 1940 по 1980 годы, была сопряжена с извержениями вулканов Паракутин (1943-1952), Везувий (1944), Ключевской (1945), Гекла (1947, 1948), Ламингтон (1951), Безымянный (1956), Агунг (1963), Шивелуч (1954), Тааль (1965), Келуд (1966) и Фернандина (1968), мощными землетрясениями в Китае (1939), Турции (1939), Ашхабаде (1948), Алеутской зоне субдукции (1957, 1964, 1965), Марокко (1960), Чили (1960), Иране (1962), Ташкенте (1966), Перу (1970), Китае (1976) и Гватемале (1976), а также вспышками на Солнце (1940, 1947, 1956, 1972) и интенсивными метеорными дождями (1938, 1946, 1947, 1952, 1966). Объяснить изменения индексов прироста деревьев, происшедшие у каждого их поколения по-разному, лишь

на основе колебаний климата, как следует из всего изложенного, невозможно. Важно также отметить, что физиологическая активность деревьев после длительных и весьма значительных депрессий роста восстанавливалась практически полностью.

В припойменных и пойменных экотопах, где условия для роста деревьев сосны были в целом гораздо благоприятнее, чем в лишайниково-мшистом типе леса, колебания индексов их годового прироста изменялись иначе и менее значительно (рис. 4). Наиболее благоприятные условия для деревьев в припойменных экотопах сложились в 1840-1880 и 1935-1965 годах, а в поймах рек – в 1870-1890 и 1980-2005. Особенно же неблагоприятными в первых экотопах они были в 1810-1830 и 1890-1910 годах, а во вторых – в 1840-1860 и 1950-1980. Все периоды снижения индексов прироста происходили, как показал анализ фактического материала, на фоне геофизических и космических аномалий.

Рост деревьев ели и дуба в поймах рек Республики Марий также не был стабильным и в динамике индексов их годового прироста четко проявлялись волны подъема и спада значений, которые были аperiодичны (рис. 5). Так, наиболее благоприятные условия для роста деревьев ели отмечались в 1870-1880, 1937-1957 и 1980-1993 годах, а дуба – лишь в 1915-1975. Особенно же неблагоприятны они для ели были в 1885-1835, а для дуба – в 1975-2010 годах.

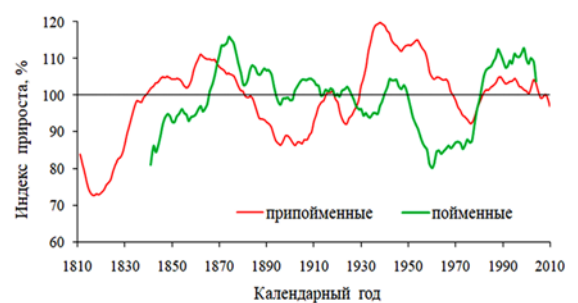


Рисунок 4. Сглаженная динамика индексов радиального прироста деревьев сосны в припойменных и пойменных экотопах Республики Марий Эл

Figure 4. Smoothed dynamics of indices of radial growth of pine trees in the floodplain and floodplain ecotopes of the Republic of Mari El

Источник: собственные исследования автора
Source: author's own research

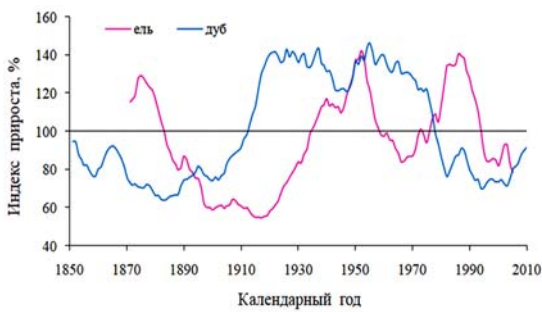


Рисунок 5. Сглаженная динамика индексов радиального прироста деревьев ели и дуба в поймах рек Республики Марий Эл

Figure 5. Smoothed dynamics of indices of radial growth of spruce and oak trees in floodplains of rivers of the Republic of Mari El

Источник: собственные исследования автора
Source: author's own research

Еще более нестабильна динамика индексов годичного прироста деревьев сосны в сфагновых и приозерных экотопах (рис. 6). Неблагоприятные условия для их роста на верховых сфагновых болотах отмечались в 1720-1740, 1760-1770, 1820-1855 и 1950-1970 годах, а в приозерных экотопах – в 1850-1860 и 1930-1970. Наиболее же благоприятны они были в первых экотопах в 1745-1765 и 1905-1945 годах, а в приозерных – в 1880-1895, 1905-1925, 1975-1985 и 1990-2000.



Рисунок 6. Сглаженная динамика индексов радиального прироста деревьев в приозерных и сфагновых сосняках Республики Марий Эл

Figure 6. Smoothed dynamics of radial tree growth indices in the lake and sphagnum pine forests of the Republic of Mari El

Источник: собственные исследования автора
Source: author's own research

Установлено, что все снижения величины индексов прироста, которые начинались в 1713, 1758, 1784, 1862, 1915, 1939 и 1995 годах, были связаны с сериями извержений вулканов, а также взрывами сверхновых звезд и мощных вспышек на Солнце. Первое из них, завершившееся в 1736 году, было связано с извержениями вулканов Пэктусан (1668, 1702), Везувий (1669), Этна (1693), Гекла (1693) и Фудзияма (1707). В 1737-1742 годах на Камчатке произошла крупная региональная природная катастрофа, имевшая комплексный характер [12, 31], что привело ко второму из отмечавшихся спадов прироста деревьев. Извергались или находились в стадии повышенной активности вулканы Шивелуч, Ключевской, Плоский Толбачик, Малый Семячик, Карымский, Жупановский, Авачинский, Горелый, Мутновский, Камбальный, Кошелева. Было извержено 2.9-3.1 км³ продуктов весом 6.3-6.7 млрд тонн, произошли шесть мощных землетрясений, которые сопровождалась катастрофическими цунами. Участок тихоокеанского побережья Камчатки был поднят на 3-4 м. В это же период извергались вулканы Гекла (1725, 1766), Котопакси (1742, 1744) и Майон (1766).

Третье снижение прироста деревьев, которое завершилось в 1840 году и являлось самым продолжительным, связано с серией извержений вулканов Котопакси (1768), Лаки (1783, 1785), Гримсвётн (1784), Унзен (1792), Майон (1814), Тамбора (1815), Эйяфьятлайокюдль и Катла (1821-1823), Галунггунг (1822) и Косигуана (1835), приведших к загрязнению атмосферы и дестабилизации климатической системы Земли. Четвертый спад индексов прироста деревьев, завершившийся в 1885 году, связан с серией извержений вулканов Везувий (1822, 1872), Торагай (1841), Котопакси (1875, 1877), Эль-Чичон (1882) и Кракатау (1883), а также с взрывами сверхновых звезд (1838, 1868) и мощнейшей вспышкой на Солнце (1859).

Очередная, пятая по счету, депрессия роста деревьев, которая отмечалась в период с 1915 по 1925 годы, произошла после серии извержений вулканов Мон-Пеле, Суфриер и Санта-Мария (1902), Пэктусан (1903), Везувий (1906), Баурдарбунг (1910), Тааль (1911), Катмай (1912), Новаруп-

та (1912) и Келуд (1919), а также мощных землетрясений, произошедших в Алеутской зоне субдукции (1899, 1906), Турции (1903), США (1906), Сицилии (1908), Италии (1916) и Китае (1920), вспышек на Солнце (1917, 1921) и взрывов сверхновых звезд (1918, 1920). В это же время произошла Тунгусская катастрофа (1908).

Следующее снижение прироста деревьев, начавшееся в 1939 году и продолжавшееся до 1963 года, связано с извержениями вулканов Мерапи (1931), Паракутин (1943-1952), Везувий (1944), Ключевской (1945), Ламингтон (1951) и Безымянный (1956), мощными землетрясениями в Китае (1939), Турции (1939), Ашхабаде (1948), а также вспышками на Солнце (1940, 1948, 1956) и взрывами сверхновых (1936). В 1948 году отмечалось также падение очень крупного Сихотэ-алинского метеорита.

Текущее падение прироста деревьев, начавшееся в 1995 году, связано с мощными землетрясениями в Алеутской зоне субдукции (1957, 1964, 1965), Марокко (1960), Чили (1960), Иране (1962), Ташкенте (1966), Перу (1970), Китае (1976) и Гватемале (1976), извержениями вулканов Сент-Хеленс (1980), Эль-Чичон (1982), Невадо-дель-Руис (1985), Пинатубо (1991-1993), вспышками на Солнце (1991) и взрывами сверхновых (1992, 1993). Воздействие же текущих погодных аномалий на динамику прироста деревьев проявлялось в течение всего исследуемого отрезка времени весьма слабо и не всегда однозначно.

В приозерных экотопах первое снижение значений индексов прироста у самых старых деревьев, продолжавшееся в 1850-1855 годах, было сопряжено с извержениями вулканов Косигуана (1835), Гекла (1845), Фунуалей (1846) и Усу (1853), а также взрывом сверхновой (1838) и метеорным дождем (1852). Следующее непродолжительное, но довольно сильное снижение индексов прироста, отмечавшееся в 1893-1897 годах, было связано с извержениями вулканов Аскья (1875), Суваноседзима (1877), Котопакси (1877), Фуэго (1880) и Кракатау (1883), а также вспышкой на Солнце (1880) и метеорными дождями (1877, 1882, 1885, 1887). Причиной следующего весьма продолжительного падения значений показателя, начавшегося

в 1921 году и закончившегося в 1941, явилась также серия извержений вулканов Баурдарбунг (1910), Тааль (1911), Новарупта (1912), Катмай (1912), Колима (1913), Сакурадзима (1914), Тунгурауа (1916), Катла (1918), Келуд (1919), Манам (1919) и Мерапи (1931). В это же время отмечались вспышки на Солнце (1917, 1921), взрывы сверхновых звезд (1918, 1920, 1924, 1925, 1936) и интенсивные метеорные дожди (1912, 1922, 1933, 1938). Следующий спад индексов прироста, произошедший в 1979 году после предшествующего ему года с холодным и дождливым летом, закончился в 1990, был сопряжен с серией извержений вулканов Сент-Хеленс (1980), Алайд (1981), Северный Паган (1981-1985), Галунгунг (1982), Эль-Чичон (1982), Коло (1983), Невадо-дель-Руис (1985), Августин (1986), Чикурачки (1986), Ключевской (1987), Редут (1989-1990) и Келуд (1990), взрывов сверхновых звезд (1975, 1987) и интенсивных метеорных дождей (1980, 1984, 1985). С 1991 по 1998 годы величина индексов прироста неуклонно увеличивалась, а затем резко пошла на спад, что было связано с извержениями вулканов Пинатубо (1991-1993), Сперр (1992), Ласкар (1993), Тавурвур (1994), Ринджани (1994), Суфриер-Хиллз (1997), Колима (1998, 2005), Гекла (2000) и Сент-Хеленс (2008), мощными землетрясениями в Армении (1988), Иране (1990), Японии (2001), Курилах (2001) и Китае (2003, 2004), взрывами сверхновых звезд (1992, 1993, 2004, 2006, 2008), вспышками на Солнце (1991, 1998, 2000, 2003, 2005) и интенсивными метеорными дождями (1985, 1999, 2003).

Нестабилен был и рост деревьев в культурах лиственницы сибирской на богатых почвах в ТЛУ С₂ и D₂, естественные насаждения которой в Республике Марий Эл отсутствуют. В динамике индексов их годового прироста также четко проявляются чередование волн подъема и спада значений, не имеющих, однако, строгой периодичности (рис. 7). Наиболее благоприятны условия для роста деревьев были в 1920-1930, 1960-1970, 1975-1985 и 1992-2000 годах, а особенно же неблагоприятны – в 1935-1945 гг. и после 2002 года.

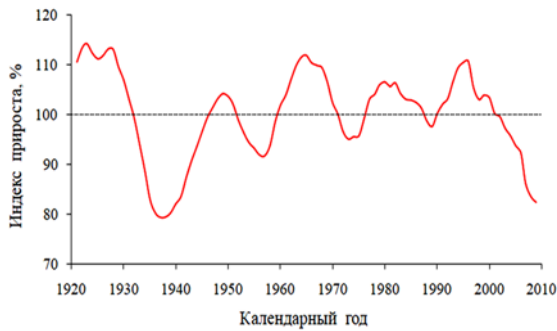


Рисунок 7. Сглаженная динамика индексов годичного прироста деревьев лиственницы сибирской в лесных культурах Республики Марий Эл

Figure 7. Smoothed dynamics of indices of annual growth of Siberian larch trees in forest cultures of the Republic of Mari El

Источник: собственные исследования автора
Source: author's own research

Первой депрессии роста деревьев, отмечавшейся в 1926-1937 годах, предшествовала серия мощных извержений вулканов Тунгурауа (1915), Катла (1918), Келуд (1919), Манам (1919), Райкоке (1924) и Авачинский (1926), а также катастрофических землетрясений, произошедших в Алеутской зоне субдукции (1899, 1906), Турции (1903), США (1906), Италии (1908, 1911, 1916, 1918) и Китае (1920), вспышек на Солнце (1917, 1921) и взрывов сверхновых звезд (1918, 1920). В 1912 и 1922 годах наблюдались очень интенсивные метеорные дожди, а в 1924 году произошло очень мощное извержение подводного вулкана, расположенного севернее японского острова Ириомоте.

Второе снижение годичного прироста деревьев, отмечавшееся в 1948-1956 годах, связано с катастрофическим Ашхабадским землетрясением (1948) и серией мощных извержений вулканов Паракун (1943-1952), Везувий (1944), Авачинский (1944), пик Сарычева (1946), Гекла (1947), Амбрим (1950), Ламингтон (1951), Келуд (1951), Багана (1952), Сперр (1953). В 1946, 1947 и 1952 годах наблюдались также очень интенсивные метеорные дожди, а в 1947 году произошла мощная вспышка на Солнце.

Третья депрессия роста, отмечавшаяся в 1965-1974 годах, была сопряжена с серией мощных

извержений вулканов Безымянный (1955-1957), Агунг (1963), Шивелуч (1964), Таал (1965), Келуд (1966), Аву (1966) и Фернандина (1968), а также катастрофических землетрясений (1960, 1964, 1966, 1970), произошедших в разных регионах нашей планеты.

Следующее падение годичного прироста деревьев, отмечавшейся в 1980-1988 годах, было связано с серией извержений вулканов Тятя (1973), Фуэго (1974), Толбачик (1975), Августин (1976), Сент-Хеленс (1980), Алайд (1981), Северный Паган (1981-1985), Эль-Чичон (1982), Галунгунг (1982), Коло (1982), Августин (1986), Чикурачки (1986), Ключевской (1987) и катастрофических землетрясений (1976, 1978).

Последнее падение прироста деревьев в пределах анализируемого временного ряда, начавшееся в 1995 году, также связано с извержениями вулканов Келуд (1990), Гудзон (1991), Пинатубо (1991-1993), Сперр (1992), Ласкар (1993), Тавурвур (1994), мощными землетрясениями (1988, 1989, 1991, 1992, 1994, 1995, 1997, 1999, 2001, 2003, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010), вспышками на Солнце (1991), взрывами сверхновых звезд (1992, 1993) и метеорными дождями (1999, 2003). Влияние же текущих изменений климата и погодных аномалий на территории Республики Марий Эл (катастрофические засухи 1921, 1933, 1972, 2010 и 2021 годов, избыток осадков и низкая температура воздуха летом 1978, 1980, 2017 годов, сильные морозы зимой 1941/1942, 1955/1956 и 1978/1979 годов), на динамику прироста деревьев проявлялось слабо.

Исследования показали, таким образом, что в динамике индексов прироста деревьев в каждом экотопе четко выделяется волновая аperiodическая компонента, обусловленная изменением вулканической активности на нашей планете, что во многом подтверждает выводы других авторов [4, 19-22, 38, 48, 50]. Причиной различия характера динамики индексов прироста деревьев в разных экотопах являются особенности генотипической и пространственной структуры ценопопуляций, определяющей характер взаимоотношений между особями. Величина отклика деревьев в ответ на одни и те же внешние воздействия может меняться

в зависимости от множества обстоятельств: их текущего состояния, интенсивности воздействующих факторов и соотношения между ними. Большую роль играет в этом также неравномерность пространственного распределения выпадающих осадков, особенно в летний период. Реакции любого организма, как и экосистемы в целом, на изменения факторов среды проявляются по-разному, поскольку все биологические объекты сами по себе неповторимы [35].

Еще одной причиной различий характера динамики прироста деревьев является пространственная неоднородность литосферы, которая представляет собой сложную сеть тектонических разломов, русел рек и ручьев, подземных водотоков, карстовых пустот и проч., объединенных в единую фрактально-волновую систему линейных элементов, отражающую деформацию литосферы и текущее напряжение сил в ней [1, 41], оказывающую огромное влияние на формирование и развитие сообществ организмов. Глубинные разломы, многие из которых являются трансконтинентальными, способны также передавать сейсмические колебания на более значительные расстояния, чем блоки земной коры. Так, например, при румынском землетрясении 1977 года колебания земной коры в Санкт-Петербурге и в Москве достигали трех баллов, в то время как в Будапеште они почти не ощущались, хотя он был в 20 раз ближе к его эпицентру.

Ряды динамики прироста деревьев в каждом экотопе являются, таким образом, уникальными, отражая все их индивидуальные особенности, которые должны быть предметом детального изучения. Для выявления же общих причин их изменчивости необходимо обобщить большое количество индивидуальных временных рядов по каждому из типов лесных биогеоценозов отдельно. Весьма актуально, в связи с этим, создание банков данных по каждому региону России, позволяющих сохранять и анализировать ценную информацию, значение которой для биогеоценологии, лесного хозяйства, мониторинга состояния среды и принятия управленческих решений в области природопользования трудно переоценить. Большую научную ценность для получения информации об изменениях условий

среды в пределах каждого региона имеют старовозрастные древостои, которые должны быть сохранены для будущих поколений исследователей.

Заключение

Исследования показали, таким образом, что величина радиального годового прироста деревьев у всех пород варьирует на территории Республики Марий Эл в очень больших пределах, свидетельствуя об их высокой чувствительности к флуктуациям условий среды и больших адаптационных возможностях. В динамике индексов прироста деревьев в каждом экотопе четко выделяется чередование подъемов и спадов, период колебаний между которыми непостоянен и варьирует в больших пределах.

Характер роста деревьев, как и само их появление в ценозах, определяет большой комплекс природных и антропогенных факторов, в том числе и пространственная неоднородность литосферы нашей планеты, однако большое влияние на него оказывают вулканические извержения, землетрясения, метеорные дожди, солнечные и космические вспышки, дестабилизирующие состояние атмосферы и магнитного поля Земли. Вклад же метеорологических параметров каждого месяца и сезона года, которые практически не сопряжены друг с другом и изменяются в очень больших пределах без какой-либо четкой периодичности, в колебаниях годового прироста деревьев проявляется весьма слабо, особенно на среднеувлажненных почвах. Пожары, антропогенная деятельность и биотические факторы не искажают в целом общей картины динамики прироста деревьев.

Последствия воздействия возмущающих факторов на рост деревьев проявляются в большинстве случаев не сразу, а имеют разное время запаздывания относительно друг друга, а также от сложившейся климатической обстановки. Они, кроме того, взаимно накладываются между собой, образуя в итоге сложную картину динамики роста деревьев, определенное влияние на которую оказывают также особенности генотипа деревьев, по-разному реагирующих на колебания внешней среды. Каждое дерево можно сравнить со струной, издающей в ответ на внешнее воздействие звук определенного тона, древостой – со струнным му-

зыкальным инструментом, а совокупность деревьев в лесном массиве – с симфоническим оркестром, управляемым опытным дирижером. Исследователь должен уметь воспринимать не только звуки струн отдельных инструментов, но и смысл всей симфонии природных стихий.

Реакции деревьев в ответ на одни и те же изменения параметров среды не всегда однозначны, в связи с чем несостоятельны попытки реконструкции по данным анализа рядов прироста деревьев динамики климата в прошлом, особенно изменения температуры и количества осадков, т.к. эти ряды несут лишь информацию о том, насколько благоприятными были условия их произрастания в тот или иной период времени, но не отражают действие какого-либо конкретного фактора среды.

Вопрос о реальности существования строго периодических составляющих в дендрохронологических рядах деревьев в пределах лесной зоны остается открытым. Для объяснения этого феномена, как и варьирования параметров климата, целесообразно опираться на хронологию аномальных событий, происходивших как на Земле, так и в космосе, особенно крупных извержений вулканов, дестабилизирующих состояние климатической системы планеты, приводя в одних ее районах к засухе, а в других – к обильным осадкам или ураганам. Независимая проверка исследователями этого положения, которое не исключает традиционной статистической оценки сопряженности величины годичного прироста деревьев с метеорологическими параметрами, является одной из актуальных задач в области дендрохронологии.

Список литературы

1. Анохин В.М. Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. СПб: Недра: 2006. 161 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19477964>.
2. Баркин Ю.В., Клиге Р.К. Гравитационные воздействия гелиокосмических факторов на эндогенную активность Земли // Современные глобальные изменения природной среды. Т. 3: Факторы глобальных изменений. М.: Научный мир, 2012. С. 46–61. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005486369>.
3. Борзенкова И.И. Вулканические извержения и климат Земли: вулканизм как аналог геоинженерии // Исследование возможностей стабилизации климата с помощью новых технологий. М. Росгидромет, 2012. С. 122–126. Борзенкова И.И., Жильцова Е.Л., Лобанов В.А. Вариации климата внетропической зоны северного полушария за последние 1000 лет: анализ данных и возможных причин // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М.: Институт глобального климата и экологии, 2011. Т. 24. С. 131–152. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25505782>. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20147724>.
6. Вильсон Я.Р. Изменение во вращении Земли относительно барицентра и климатический эффект // Современные глобальные изменения природной среды. Т. 3: Факторы глобальных изменений. М.: Научный мир, 2012. С. 78–102. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005486369>.
7. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А., Мартынюк В.С. Космическая погода и наша жизнь. Фрязино: Век 2, 2004. 224 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19474981>.
8. Гарагаш И.А., Лобковский Л.И. Деформационные тектонические волны как возможный триггерный механизм активизации эмиссии метана в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2021. Т. 11, № 1. С. 42–50. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44855347>.
9. Демаков Ю. П. Особенности радиального прироста деревьев в культурах лиственницы сибирской Республики Марий Эл // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2023. № 1 (57). С. 43–57. Режим доступа: <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2023.1.43>.
10. Демаков Ю. П. Влияние факторов среды на рост деревьев в сосняках Республики Марий Эл: монография. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2023. 480 с.

11. Демаков Ю. П., Тишин Д. В., Искандиров П. Ю. Закономерности роста деревьев разных поколений в сосняках заповедника «Большая Кокшага» // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Вып. 9. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. С. 167–193. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44133270>.
12. Дирксен О.В., Мелекесцев И.В. Хронология, динамика формирования и морфология эруптивных центров голоценового этапа ареального вулканизма бассейна р. Авача (Камчатка, Россия) // Вулканология и сейсмология. 1999. № 1. С. 3–19. Режим доступа: <http://repo.kscnet.ru/923/>.
13. Доманский А. В., Левин Б. В. Кинематика и сейсмичность Земли. Владивосток: Дальнаука, 2017. 75 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35568802>.
14. Дьяконов К.Н., Бочкарев Ю.Н. Геофизические факторы динамики радиального прироста деревьев в ландшафтах Западно-Сибирской равнины и Приэльбрусья // Вестник Московского ун-та. Сер. 5. География. 2010. № 4. С. 3–9. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15570438>.
15. Дьяконов К.Н., Ретеюм А.Ю. Астрогеография природных аномалий // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2016. № 6. С. 108–115. DOI:10.15356/0373-2444-2016-6-108-115.
16. Дьяконов К.Н., Ретеюм А.Ю. Земной отклик на движение внешних планет по данным дендроиндикации // Изв. Русского географического общества. 2013. Т. 145, № 5. С. 10–19. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_20253935_80312173.pdf.
17. Зуев В.В. Глобальный круговорот углерода в период усиления УФ-В радиации при вулканогенных возмущениях озоносферы // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2008. Т. 1, № 4. С. 358–369. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12872268>.
18. Зуев В.В., Бондаренко С.Л. Исследования озоносферы методами дендрохронологии. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2007. 160 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19479617>.
19. Канатъев А.Г., Касаткина Е.А., Шумилов О.И. Воздействие солнечных и межпланетных факторов на климат Севера России // Труды Кольского научного центра РАН. Гелиогеофизика. 2016. Т. 4, № 2. С. 45–54. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27679211>.
20. Касаткина Е.А., Шумилов О.И., Тимонен М., Канатъев А.Г. Последствия мощных вулканических извержений по дендрохронологическим данным // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. Т. 49, № 4. С. 469–476. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19414599>.
21. Киселев В.Н., Матюшевская Е.В., Яротов А.Е., Митрахович П.А. Влияние вулканических извержений на хвойные леса Беларуси // Лесное и охотничье хозяйство 2006. № 2 С. 27–31. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42644421>.
22. Киселев В.Н., Матюшевская Е.В., Яротов А.Е., Митрахович П.А. Хвойные леса Беларуси в современных климатических условиях (дендроклиматический анализ). Минск: Изд-во «Право и экономика», 2010. 202 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42644951>.
23. Левин Б. В., Сасорова Е. В. Динамика сейсмической активности Земли за 120 лет // Доклады АН. 2015. Т. 461, № 1. С. 82–87. DOI: 10.7868/S086956521507018X.
24. Левин Б. В., Сасорова Е. В. О связи вариаций скорости вращения Земли и ее сейсмической активности // Доклады АН. 2015. Т. 464, № 3. С. 351–355. DOI: 10.7868/S0869565215270183.
25. Левин Б. В., Сасорова Е. В. О влиянии скорости вращения Земли на глобальную сейсмичность (по материалам наблюдений с 1720 по 2016 г.) // Геосистемы переходных зон. 2017. № 3 (3). С. 3–20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29982415>.
26. Лобковский Л.И. Сейсмогенно-триггерная гипотеза усиления эмиссии метана и изменения климата в Арктике // Земля и Вселенная. 2020. № 6. С. 27–36. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44607676>.

27. Лобковский Л.И., Баранов А.А., Владимирова И.С., Алексеев Д.А. Сильнейшие землетрясения и деформационные волны как возможные триггеры потепления климата в Арктике и разрушения ледников в Антарктике // Вестник Российской АН. 2023. Т. 93, № 6. С. 526–538. DOI: 10.31857/S0869587323060117.
28. Лобковский Л.И., Баранов А.А., Владимирова И.С., Габсатаров Ю.В. Возможный сейсмогенно-триггерный механизм активизации разрушения ледников, эмиссии метана и потепления климата в Антарктиде // Океанология. 2023. Т. 63, № 1. С. 149–159. DOI: 10.31857/S0030157423010069.
29. Магда В.Н., Ваганов Е.А. Климатический отклик прироста деревьев в горных лесостепях Алтае-Саянского региона // Известия РАН. Сер. географ. 2006. № 5. С. 92–100. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9316683>.
30. Матвеев С.М., Матвеева С.В., Шурыгин Ю.Н. Повторяемость сильных засух и многолетняя динамика радиального прироста сосны обыкновенной в Усманском и Хреновском борах Воронежской области // Журнал Сибирского Федерального университета. Сер. Биология. 2012. Т. 5, № 1. С. 27–42. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17843099>.
31. Мелекесцев И.В., Базанова Л.И., Дирксен О.В. (и др.). Реконструкция динамики активности действующих вулканов за последние 10 000 лет как ключ к долгосрочному прогнозу вулканических извержений // Информационный бюллетень РФФИ. Науки о Земле. 1999. № 7. (Отчет о НИР № 97-05-64055-а). Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=750141>.
32. Осика Д.Г., Алишаев М.Г., Пономарева Н.Л., Отинова А.Ю. О роли сейсмичности и вулканизма в парадоксах современного климата // Вестник Дагестанского научного центра. 2011. № 43. С. 27–32. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18764259>.
33. Осика Д.Г., Отинова А.Ю., Пономарёв Н.Л. О природе глобального потепления и естественных причинах формирования климатических аномалий и катастроф // Аридные экосистемы. 2013. Т. 19, № 4 (57). С. 104–112. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20860006>.
34. Параев В.В., Еганов Э.А. Природно-климатические аномалии – современный этап фанерозойской истории Земли // Уральский геологический журнал. 2015. № 6 (108). С. 3–18. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25056460>.
35. Романовский М. Г., Щёкалев Р. В. Система вида у древесных растений. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 212 с. Режим доступа: <http://www.spsl.nsc.ru/fulltext.pdf>.
36. Румянцев Д. Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии. М.: МГУЛ, 2010. 109 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25394700>.
37. Сидоренков Н. С. Небесно-механические причины изменения погоды и климата // Геофизические процессы и биосфера. 2015. Т. 14, № 3. С. 5–26. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25775695>.
38. Сидорова О.В., Наурзбаев М.М., Ваганов Е.А. Отклик древесно-кольцевых хронологий севера Евразии на мощные вулканические извержения // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеоздат, 2005. Т. 20. С. 59–72. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26427448>.
39. Смольков Г.Я., Базаржапов А.Д., Петрухин В.Ф., Щепкина В.Л. Геофизические последствия гравитационного воздействия на Землю // Солнечно-земная физика. 2013. Вып. 23. С. 129–135. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21238251>.
40. Сухарев В.А. Миром правит закон космических резонансов. М.: Амрита-Русь, 2012. 288 с. Режим доступа: <https://teoria-kverk.nethouse.ua/static/doc/0000/0000/0145/145803.rqvn0hzds.pdf>.
41. Тверитинова Т.Ю. Линеаменты как отражение структурного каркаса литосферы (линеаменты – разломы или фантомы?) // Пространство и время (электронное научное издание). 2013. Т. 4, вып. 1. 12 с. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_21049460_77689187.pdf.

42. Теоретические и экспериментальные основы стабилизации современного климата путем создания аэрозольных образований в нижней стратосфере / Израэль Ю.А., Борзенкова И.И., Гулевский Г.А., Андреев Ю.В., Данелян Б.Г. (и др.). М.: ИГКЭ, 2019. 287 с. Режим доступа: https://vk.com/wall-76493115_6220.
43. Тобратов С.А., Железнова О.С., Водорезов А.В. Природная цикличность в процессах эксплозивного вулканизма // Вестник Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина. 2022. № 1 (74). С. 138–169. DOI: 10.37724/RSU.2022.74.1.013.
44. Трифонов В.Г., Караханян А.С. Динамика Земли и развитие общества // Труды Геологического института РАН. Вып. 585. М.: ОГИ, 2008. 436 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35625901>.
45. Тронин А.А. Каталог термальных и атмосферных явлений при землетрясениях. СПб.: Стратегия будущего, 2011. 260 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50409086>.
46. Черников А.А., Борисов Ю.А., Зуев В.В. (и др.). Тенденции изменений озонового слоя по наблюдениям с помощью спутниковой аппаратуры TOMS и наземной озонометрической сети // Исследование Земли из космоса. 2000. № 6. С. 23–32. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35273176>.
47. Шиятов С.Г., Хантемиров Р.М., Горланова Л.А. Тысячелетняя реконструкция температуры лета на Полярном Урале: данные древесных колец можжевельника сибирского и лиственницы сибирской // Археология, этнография и антропология Евразии. 2002. № 1 (9). С. 2–5. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23180671>.
48. Baillie M.G.L., McAneney J. Tree ring effects and ice core acidities clarify the volcanic record of the first millennium // *Climate of the Past*. 2015. Vol. 11. Pp. 105–114. DOI: 10.5194/cp-11-105-2015.
49. Briffa K.R., Osborn T.J., Schweingruber F.H. Large-scale temperature influence from tree rings // *Global and planetary change*. 2004. Vol. 40. Pp. 11–26. DOI: 10.1016/j.dendro.2018.06.001.
50. Briffa K.R., Shishov V.V., Melvin T.M., Vaganov E.A. Trends in recent temperature and radial tree growth spanning 2000 years across northwest Eurasia // *Phil. Trans. R. Soc.* July 2008. B 12. Vol. 363, N 1501. Pp. 2269–2282. DOI: 10.1098/rstb.2007.2199.
51. Cole-Dai J., Ferris D., Lanciki A., Savarino J. et al. Cold decade (AD 1810-1819) caused by Tambora (1815) and another (1809) stratospheric volcanic eruption // *Geophysical Research Letters*. 2009. Vol. 36, L22703. DOI: 10.1029/2009GL040882.
52. Crowley T.J., Zielinski G.A., Vinther B., Udisti R. (et all.). Volcanism and the Little Ice Age // *Pages News*. 2008. Vol. 16, No 2. Pp. 22–23. DOI: 10.1029/2002GL016635.
53. D'Arrigo R., Wilson R., Jacoby G. On the long-term context for late twentieth century warming // *Journ. of Geophys. Res. Atmosphere*. 2006. Vol. 111, ND3, DO3103. Doi: 10.29/2005JD006352.
54. D'Arrigo R., Wilson R. Volcanic cooling signal in tree ring temperature records for the past millennium // *Journ. of Geophys. Res.* 2013. Vol. 118. Pp. 1–11. Doi:10.1002/jgrd.50692.
55. Esper J., D uthorn E., Krusic P.J., Timonen M., B ntgen U. Northern European summer temperature variations over the Common Era from integrated tree-ring density records // *Journ. of Quaternary Science*. 2014. Vol. 29. Pp. 487–494. DOI: 10.1002/jqs.2726.
56. Gao C., Oman L., Robock A., Stenchikov G.L. Atmospheric volcanic loading derived from bipolar ice cores accounting for the spatial distribution of volcanic deposition // *Journ. of Geophys. Res.* 2007. Vol. 112. D 09109. DOI: 10.1029/2006JD007461.
57. Gao C., Robock A., Ammann C. Volcanic forcing of climate over the past 1500 years: An Improved Ice – Core-based Index for Climate Models // *Journ. of Geophys. Res.* 2008. Vol. 113. D 23111. Doi: 10.1029/2008JD010239.
58. Gao C., Robock A., Self S. (et al.). The 1452 or 1453 AD Kuwae eruption signal derived from multiple ice core records: Greatest volcanic sulfate event of the past 700 years // *Journ. of Geophys. Res.* 2006. Vol. 111, D12107. Doi: 10.1029/2005JD006710.

59. Moberg A., Sonechkin D.M., Holmgren K. (et al.). Northern hemisphere annual temperatures from low-and high-resolution proxy data over the last 2000 years // *Nature*. 2005. Vol. 433, No 7026. Pp. 613–617. Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/nature03265>.

60. Schweingruber F.H. *Tree rings and environment; Dendroecology*. Berne, Stuttgart, Vienna: Paul Haupt Publ., 1996. 609 p. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1998.149-8.x.

61. Stoffel M., Bollschweiler M. Tree-ring analysis in natural hazards research – an overview // *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2008. Vol. 8. Pp. 187–202. Режим доступа: www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/8/187/2008/.

62. Traufetter F., Oerten H., Fischer H. (et al.). Spatial-temporal variability in volcanic sulphate deposition over the past 2 kyr in snow pits and fir cores from Amundsenisen, Antarctica // *Journ. of Glaciology*. 2004. Vol. 50, N 168. Pp. 137–146. DOI: 10.3189/172756504781830222.

63. Xing P., Chen X., Luo Y., Nie S. (et al.). The Extratropical Northern Hemisphere Temperature Reconstruction during the Last Millennium Based on a Novel Method // *PLOS ONE*. 2016. N 11(1). DOI: 10.1371/journal.pone.0146776.

References

1. Anohin V.M. *Global'naya diz'yunktivnaya set' Zemli: stroenie, proiskhozhdenie i geologicheskoe znache-nie* [The Global disjunctive network of the Earth: structure, origin and geological significance]. Sankt-Peterburg: Nedra: 2006. 161 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19477964>.

2. Barkin Yu.V., Klige R.K. *Gravitacionnye vozdejstviya geliokosmicheskikh faktorov na endogennuyu aktivnost' Zemli* [Gravitational effects of heliocosmic factors on the endogenous activity of the Earth] // *Sovremennye global'nye izmeneniya prirodnoj sredy*. V. 3: *Factory global'nyh izmenenij*. Moskau: Nauchnyj mir, 2012. Pp. 46–61. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005486369>.

3. Borzenkova I.I. *Vulkanicheskie izverzheniya i klimat Zemli: vulkanizm kak analog geoinzhenerii* // *Is-sledovanie vozmozhnostej stabilizacii klimata s pomoshch'yu novyh tekhnologij*. [Volcanic eruptions and the Earth's climate: volcanism as an analogue of geoengineering]. Moskau: Rosgidromet, 2012. Pp. 122–126. (In Russ.).

4. Borzenkova I.I., Zhil'cova E.L., Lobanov V.A. *Variacii klimata vnetropicheskoy zony severnogo polushariya za poslednie 1000 let: analiz dannyh i vozmozhnyh prichin* [Climate variations of the extratropical zone of the northern hemisphere over the last 1000 years: analysis of data and possible causes] // *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. Moskau: Institut global'nogo klimata i ekologii, 2011. V. 24. Pp. 131–152. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25505782>.

5. Vaganov E.A., Shiyatov S.G., Mazepa V.S. *Dendroklimaticheskie issledovaniya v Uralo-Sibirskoj Subarktike*. [Dendroclimatic studies in the Ural-Siberian Subarctic]. Novosibirsk: Nauka, 1996. 246 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20147724>.

6. Vil'son Ya.R. *Izmenenie vo vrashchenii Zemli otnositel'no baricentra i klimaticheskij effekt* [The change in the rotation of the Earth relative to the barycenter and the climatic effect] // *Sovremennye global'nye izmeneniya prirodnoj sredy*. V. 3: *Factory global'nyh izmenenij*. Moskau: Nauchnyj mir, 2012. Pp. 78–102. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005486369>.

7. Vladimirskij B.M., Temur'yanc N.A., Martynyuk V.S. *Kosmicheskaya pogoda i nasha zhizn'*. [Space weather and our life]. Fryazino: Vek 2, 2004. 224 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19474981>.

8. Garagash I.A., Lobkovskij L.I. *Deformacionnye tektonicheskie volny kak vozmozhnyj triggernyj me-hanizm aktivizacii emissii metana v Arktike* [Deformation tectonic waves as a possible trigger mechanism for activating methane emissions in the Arctic] // *Arktika: ekologiya i ekonomika*. 2021. V. 11, N 1. Pp. 42–50. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44855347>.

9. Demakov Yu.P. Osobennosti radial'nogo prirosta derev'ev v kul'turah listvennitsy sibirskoj Respubliki Marij El [Features of radial growth of trees in larch cultures of the Siberian Republic of Mari El] // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. 2023. N 1 (57). Pp. 43–57. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2023.1.43>.
10. Demakov Yu.P. Vliyanie faktorov sredy na rost derev'ev v sosnyakah Respubliki Marij El: monografiya. [The influence of environmental factors on the growth of trees in the pine forests of the Republic of Mari El: monograph]. Joshkar-Ola: Povolzhskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet, 2023. 480 p. (In Russ.).
11. Demakov Yu.P., Tishin D.V., Iskandirov P.Yu. Zakonomernosti rosta derev'ev raznyh pokolenij v sosnyakah zapovednika «Bol'shaya Kokshaga» [Patterns of growth of trees of different generations in the pine forests of the Bolshaya Kokshaga Nature Reserve] // Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bol'shaya Kokshaga». V. 9. Joshkar-Ola: PGU, 2020. Pp. 167–193. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44133270>.
12. Dirksen O.V., Melekescev I.V. Hronologiya, dinamika formirovaniya i morfologiya eruptivnyh centrov golocenovogo etapa areal'nogo vulkanizma bassejna r. Avacha (Kamchatka, Rossiya) [Chronology, dynamics of formation and morphology of eruptive centers of the Holocene stage of areal volcanism of the Avacha River basin (Kamchatka, Russia)] // Vulkanologiya i seismologiya. 1999. N 1. Pp. 3–19. (In Russ.). Rezhim dostupa: <http://repo.kscnet.ru/923/>.
13. Domanskij A.V., Levin B.V. Kinematika i seismichnost' Zemli. [Kinematics and seismicity of the Earth]. Vladivostok: Dal'nauka, 2017. 75 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35568802>.
14. D'yakonov K.N., Bochkarev Yu.N. Geofizicheskie faktory dinamiki radial'nogo prirosta derev'ev v landshaftah Zapadno-Sibirskoj ravniny i Priel'brus'ya [Geophysical factors of dynamics of radial growth of trees in the landscapes of the West Siberian Plain and the Elbrus region] // Vestnik Moskovskogo un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2010. N 4. Pp. 3–9. Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15570438>.
15. D'yakonov K.N., Reteyum A.Yu. Astrogeografiya prirodnyh anomalij [Astrogeography of natural anomalies] // Izvestiya Rossijskoj akademii na-uk. Seriya geograficheskaya. 2016. N 6. Pp. 108–115. (In Russ.). DOI:10.15356/0373-2444-2016-6-108-115.
16. D'yakonov K.N., Reteyum A.Yu. Zemnoj otklik na dvizhenie vneshnih planet po dannym dendroindikacii [Earth's response to the motion of the outer planets according to dendroindication references] // Izv. Russkogo geograficheskogo obshchestva. 2013. V. 145, N 5. Pp. 10–19. (In Russ.). Rezhim dostupa: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_20253935_80312173.pdf.
17. Zuev V.V. Global'nyj krugovorot ugleroda v period usileniya UF-V radiacii pri vulkanogennyh vozmushcheniyah ozonosfery [Global carbon cycle during the period of UV-B radiation amplification during volcanogenic disturbances of the ozonosphere] // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya. 2008. V. 1, N 4. Pp. 358–369. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12872268>.
18. Zuev V.V., Bondarenko S.L. Issledovaniya ozonosfery metodami dendrohronologii. [Studies of the ozonosphere by dendrochronology methods]. Tomsk: Izd-vo Instituta optiki atmosfery SO RAN, 2007. 160 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19479617>.
19. Kanat'ev A.G., Kasatkina E.A., Shumilov O.I. Vozdejstvie solnechnyh i mezplanetnyh faktorov na klimat Severa Rossii [The impact of solar and interplanetary factors on the climate of the North of Russia] // Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN. Geliogeofizika. 2016. V. 4, N 2. Pp. 45–54. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27679211>.
20. Kasatkina E.A., Shumilov O.I., Timonen M., Kanat'ev A.G. Posledstviya moshchnyh vulkanicheskikh izverzenij po dendrohronologicheskim dannym [Consequences of powerful volcanic eruptions according to dendrochronological data] // Izvestiya RAN. Fizika atmosfery i okeana. 2013. V. 49, N 4. Pp. 469–476. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19414599>.
21. Kiselev V.N., Matyushevskaya E.V., Yarotov A.E., Mitrahovich P.A. Vliyanie vulkanicheskikh izverzenij

na hvojnnye lesa Belarusi [The impact of volcanic eruptions on coniferous forests of Belarus] // Lesnoe i ohotnich'e hozyajstvo 2006. N 2 Pp. 27–31. (In Belarus). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42644421>.

22. Kiselev V.N., Matyushevskaya E.V., Yarotov A.E., Mitrahovich P.A. Hvojnnye lesa Belarusi v sovremennyh klimaticheskikh usloviyah (dendroklimaticheskij analiz). [Coniferous forests of Belarus in modern climatic conditions (dendroclimatic analysis)]. Minsk: Izd-vo «Pravo i ekonomika», 2010. 202 p. (In Belarus). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42644951>.

23. Levin B.V., Sasorova E.V. Dinamika sejsmicheskoy aktivnosti Zemli za 120 let [Dynamics of seismic activity of the Earth over 120 years] // Doklady AN. 2015. V. 461, N 1. Pp. 82–87. (In Russ.). DOI: 10.7868/S086956521507018X.

24. Levin B.V., Sasorova E.V. O svyazi variacij skorosti vrashcheniya Zemli i ee sejsmicheskoy aktivnosti [On the relationship between variations in the Earth's rotation speed and its seismic activity] // Doklady AN. 2015. V. 464, N 3. Pp. 351–355. (In Russ.). DOI: 10.7868/S0869565215270183.

25. Levin B.V., Sasorova E.V. O vliyaniy skorosti vrashcheniya Zemli na global'nuyu sejsmichnost' (po materialam nablyudenij s 1720 po 2016 g.) [On the influence of the Earth's rotation speed on global seismicity (based on observations from 1720 to 2016)] // Geosistemy perekhodnyh zon. 2017. N 3 (3). Pp. 3–20. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29982415>.

26. Lobkovskij L.I. Sejsmogenno-triggernaya gipoteza usileniya emissii metana i izmeneniya klimata v Arktike [Seismogenic trigger hypothesis of increased methane emissions and climate change in the Arctic] // Zemlya i Vselennaya. 2020. N 6. Pp. 27–36. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44607676>.

27. Lobkovskij L.I., Baranov A.A., Vladimirova I.S., Alekseev D.A. Sil'nejshie zemletryaseniya i deformacionnye volny kak vozmozhnye triggery potepeniya klimata v Arktike i razrusheniya lednikov v Antarktike [The strongest earthquakes and deformation waves as possible triggers of climate warming in the Arctic and the destruction of glaciers in Antarctica] // Vestnik Rossijskoj AN. 2023. V. 93, N 6. Pp. 526–538. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0869587323060117.

28. Lobkovskij L.I., Baranov A.A., Vladimirova I.S., Gabsatarov Yu.V. Vozmozhnyj sejsmogenno-triggernyj mekhanizm aktivizacii razrusheniya lednikov, emissii metana i potepeniya klimata v Antarktide [Possible seismogenic trigger mechanism of activation of glacier destruction, methane emission and climate warming in Antarctica] // Okeanologiya. 2023. V. 63, N 1. Pp. 149–159. DOI: 10.31857/S0030157423010069.

29. Magda V.N., Vaganov E.A. Klimaticheskij otklik prirosta derev'ev v gornyh lesostepyah Altae-Sayanskogo regiona [Climatic response of tree growth in the mountain forest-steppes of the Altai-Sayan region] // Izvestiya RAN. Ser. geograf. 2006. N 5. Pp. 92–100. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9316683>.

30. Matveev S.M., Matveeva S.V., Shurygin Yu.N. Povtoryaemost' sil'nyh zasuh i mnogoletnyaya dinamika radial'nogo prirosta sosny obyknovnoy v Usmanskom i Hrenovskom borah Voronezhskoj oblasti [The frequency of severe droughts and the long-term dynamics of radial growth of scots pine in the Usmansky and Khrenovsky forests of the Voronezh region] // Zhurnal Sibirskogo Federal'nogo universiteta. Ser. Biologiya. 2012. V. 5, N 1. Pp. 27–42. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17843099>.

31. Melekescev I.V., Bazanova L.I., Dirksen O.V., Ponomareva V.V., Brajceva O.A. Rekonstrukciya dinamiki aktivnosti dejstvuyushchih vulkanov za poslednie 10 000 let kak klyuch k dolgosrochnomu prognozu vulkanicheskikh izverzhenij [Reconstruction of the dynamics of active volcanoes over the past 10,000 years as a key to the long-term forecast of volcanic eruptions] // Informacionnyj byulleten' RFFI. Nauki o Zemle. 1999. N 7. (Otchet o NIR № 97-05-64055-a). (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=750141>.

32. Osika D.G., Alishaev M.G., Ponomareva N.L., Otinova A.Yu. O roli sejsmichnosti i vulkanizma v paradokсах sovremennogo klimata [On the role of seismicity and volcanism in the paradoxes of modern climate] // Vestnik Dagestanskogo nauchnogo centra. 2011. N 43. Pp. 27–32. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18764259>.

33. Osika D.G., Otinova A.Yu., Ponomaryov N.L. O prirode global'nogo potepeniya i estestvennyh prichinah formirovaniya klimaticheskikh anomalij i katastrof [About the nature of global warming and the natural causes of the formation of climatic anomalies and catastrophes] // *Aridnye ekosistemy*. 2013. V. 19, N 4 (57). Pp. 104–112. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20860006>.
34. Paraev V.V., Eganov E.A. Prirodno-klimaticheskie anomalii – sovremennyy etap fanerozojskoj istorii Zemli [Natural and climatic anomalies – the modern stage of the Phanerozoic history of the Earth] // *Ural'skij geologicheskij zhurnal*. 2015. N 6 (108). Pp. 3–18. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25056460>.
35. Romanovskij M.G., Shchyokalev R. V. Sistema vida u drevesnyh rastenij. [The species system in woody plants]. Moskau: Tovarishchestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2014. 212 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: <http://www.spsl.nsc.ru/fulltext.pdf>.
36. Rumyancev D.E. Istoriya i metodologiya lesovodstvennoj dendrohronologii. [History and methodology of forestry dendrochronology]. Moskau: MGUL, 2010. 109 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25394700>.
37. Sidorenkov N.S. Nebesno-mekhanicheskie prichiny izmeneniya pogody i klimata [Celestial-mechanical causes of weather and climate change] // *Geofizicheskie processy i biosfera*. 2015. V. 14, N 3. Pp. 5–26. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25775695>.
38. Sidorova O.V., Naurzbaev M.M., Vaganov E.A. Otklik drevesno-kol'cevyyh hronologij severa Evrazii na moshchnye vulkanicheskie izverzheniya [Response of tree-ring chronologies of the North of Eurasia to powerful volcanic eruptions] // *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. V. 20. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat, 2005. Pp. 59–72. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26427448>.
39. Smol'kov G.Ya., Bazarzhapov A.D., Petruhin V.F., Shchepkina V.L. Geofizicheskie posledstviya gravitacionnogo vozdejstviya na Zemlyu [Geophysical consequences of gravitational impact on the Earth] // *Solnechno-zemnaya fizika*. 2013. V. 23. Pp. 129–135. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21238251>.
40. Suharev V.A. Mirom pravit zakon kosmicheskikh rezonansov. [The law of cosmic resonances rules the world]. Moskau: Amrita-Rus', 2012. 288 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://teoria-kverk.nethouse.ua/static/doc/0000/0000/0145/145803.rqvn0hzd.pdf>.
41. Tveritina T.Yu. Lineamenty kak otrazhenie strukturnogo karkasa litosfery (lineamenty – razlomy ili fantomy?) [Lineaments as a reflection of the structural framework of the lithosphere (lineaments – faults or phantoms?)] // *Prostranstvo i vremya (elektronnoe nauchnoe izdanie)*. 2013. V. 4, N 1. 12 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: https://elibrary.ru/download/elibrary_21049460_77689187.pdf.
42. Teoreticheskie i eksperimental'nye osnovy stabilizacii sovremennogo klimata putem sozdaniya aerol'nyh obrazovanij v nizhnej stratosfere [Theoretical and experimental foundations for the stabilization of the modern climate by the formation of aerosol formations in the lower stratosphere] / Izrael' Yu.A., Borzenkova I.I., Gulevskij G.A., Andreev Yu.V., Danelyan B.G. i dr. Moskau: IGKE, 2019. 287 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: https://vk.com/wall-76493115_6220.
43. Tobratov S.A., Zheleznova O.S., Vodorezov A.V. Prirodnaya ciklichnost' v processah eksplozivnogo vulkanizma [Natural cyclicity in the processes of explosive volcanism] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S.A. Esenina*. 2022. N 1 (74). Pp. 138–169. (In Russ.). DOI: 10.37724/RSU.2022.74.1.013.
44. Trifonov V.G., Karahanyan A.S. Dinamika Zemli i razvitie obshchestva [The dynamics of the Earth and the development of society] // *Trudy Geologicheskogo instituta RAN*. V. 585. Moskau: OGI, 2008. 436 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35625901>.
45. Tronin A.A. Katalog termal'nyh i atmosferynyh yavlenij pri zemletryasenyah. [Catalog of thermal and atmospheric phenomena during earthquakes]. Sankt-Peterburg: Strategiya budushchego, 2011. 260 p. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50409086>.
46. Chernikov A.A., Borisov Yu.A., Zuev V.V., Zvyagincev A.M., Kruchenickij G.M., Perov S.P. Tendencii izmenenij ozonovogo sloya po nablyudenyam s pomoshch'yu sputnikovoj apparatury TOMS i nazemnoj

ozonometricheskoj seti [Trends in ozone layer changes based on observations using TOMS satellite equipment and ground-based ozonometric network] // *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2000. N 6. Pp. 23–32. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35273176>.

47. Shiyatov S.G., Hantemirov R.M., Gorlanova L.A. Tysyacheletnyaya rekonstrukciya temperatury leta na Polyarnom Urale: dannye drevesnyh kolec mozhzhevel'nika sibirskogo i listvennicy sibirskoj [Millennial reconstruction of summer temperature in the Polar Urals: data from tree rings of Siberian juniper and Siberian larch] // *Arheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii*. 2002. N 1 (9). Pp. 2–5. (In Russ.). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23180671>.

48. Baillie M.G.L., McAneney J. Tree ring effects and ice core acidities clarify the volcanic record of the first millennium // *Climate of the Past*. 2015. Vol. 11. Pp. 105–114. DOI: 10.5194/cp-11-105-2015.

49. Briffa K.R., Osborn T.J., Schweingruber F.H. Large-scale temperature influence from tree rings // *Global and planetary change*. 2004. Vol. 40. Pp. 11–26. DOI: 10.1016/j.dendro.2018.06.001.

50. Briffa K.R., Shishov V.V., Melvin T.M., Vaganov E.A. Trends in recent temperature and radial tree growth spanning 2000 years across northwest Eurasia // *Phil. Trans. R. Soc. July 2008*. B 12. Vol. 363, N 1501. Pp. 2269–2282. DOI: 10.1098/rstb.2007.2199.

51. Cole-Dai J., Ferris D., Lanciki A., Savarino J. et al. Cold decade (AD 1810-1819) caused by Tambora (1815) and another (1809) stratospheric volcanic eruption // *Geophysical Research Letters*. 2009. Vol. 36, L22703. DOI: 10.1029/2009GL040882.

52. Crowley T.J., Zielinski G.A., Vinther B., Udisti R. et al. Volcanism and the Little Ice Age // *Pages News*. 2008. Vol. 16, No 2. Pp. 22–23. DOI: 10.1029/2002GL0166335.

53. D'Arrigo R., Wilson R., Jacoby G. On the long-term context for late twentieth century warming // *Journ. of Geophys. Res. Atmosphere*. 2006. Vol. 111, ND3, DO3103. Doi: 10.29/2005JD006352.

54. D'Arrigo R., Wilson R. Volcanic cooling signal in tree ring temperature records for the past millennium // *Journ. of Geophys. Res.* 2013. Vol. 118. Pp. 1–11. Doi:10.1002/jgrd.50692.

55. Esper J., D uthorn E., Krusic P.J., Timonen M., Buntgen U. Northern European summer temperature variations over the Common Era from integrated tree-ring density records // *Journ. of Quaternary Science*. 2014. Vol. 29. Pp. 487–494. DOI: 10.1002/jqs.2726.

56. Gao C., Oman L., Robock A., Stenchikov G.L. Atmospheric volcanic loading derived from bipolar ice cores accounting for the spatial distribution of volcanic deposition // *Journ. of Geophys. Res.* 2007. Vol. 112. D 09109. DOI: 10.1029/2006JD007461.

57. Gao C., Robock A., Ammann C. Volcanic forcing of climate over the past 1500 years: An Improved Ice – Core-based Index for Climate Models // *Journ. of Geophys. Res.* 2008. Vol. 113. D 23111. Doi: 10.1029/2008JD010239.

58. Gao C., Robock A., Self S. et al. The 1452 or 1453 AD Kuwae eruption signal derived from multiple ice core records: Greatest volcanic sulfate event of the past 700 years // *Journ. of Geophys. Res.* 2006. Vol. 111, D12107. Doi: 10.1029/2005JD006710.

59. Moberg A., Sonechkin D.M., Holmgren K., Datsenko N.M., Karlen W. Northern hemisphere annual temperatures from low-and high-resolution proxy data over the last 2000 years // *Nature*. 2005. Vol. 433, No 7026. Pp. 613–617. Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/nature03265>.

60. Schweingruber F.H. Tree rings and environment. Dendroecology. Berne, Stuttgart, Vienna: Paul Haupt Publ., 1996. 609 p. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1998.149-8.x.

61. Stoffel M., Bollschweiler M. Tree-ring analysis in natural hazards research – an overview // *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2008. Vol. 8. Pp. 187–202. Режим доступа: www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/8/187/2008/.

62. Traufetter F., Oerten H., Fischer H., Weller R., Miller H. Spatial-temporal variability in volcanic sulphate deposition over the past 2 kyr in snow pits and fir cores from Amundsenisen, Antarctica // *Journ. of Glaciology*. 2004. Vol. 50, N 168. Pp. 137–146. DOI: 10.3189/172756504781830222.

63. Xing P., Chen X., Luo Y., Nie S. et al. The Extratropical Northern Hemisphere Temperature Reconstruction during the Last Millennium Based on a Novel Method // *PLOS ONE*. 2016. N 11(1). DOI: 10.1371/journal.pone.0146776.

Сведения об авторах

✉ *Демаков Юрий Петрович* – доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБУ «Государственный заповедник «Большая Кокшага», профессор ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, 3, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация, 424000, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7153-5729>, e-mail: YPDemakov@yandex.ru.

Information about the authors

✉ *Demakov Yuri Petrovich* – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Federal State Budgetary Institution "Bolshaya Kokshaga State Reserve", Professor of the Volga State Technological University, Lenin Square, 3, Yoshkar-Ola, Russian Federation, 424000, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7153-5729>, e-mail: YPDemakov@yandex.ru.

✉ – Для контактов/Corresponding author