

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2. (115). С. 98-112.

Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 2. (115). P. 98-112.

## ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 630\*561.24

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.006

### ОСОБЕННОСТИ РАДИАЛЬНОГО РОСТА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ЛЕСОТУНДРЕ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

*Николай Иванович Быков<sup>1</sup>, Анна Александровна Шигимага<sup>2</sup>, Руслан Михайлович Ильясов<sup>3</sup>*

*<sup>1,2</sup>Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия*

*<sup>3</sup>Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия*

*Inikolai\_bykov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3756-1859>*

*<sup>2</sup>anettshigimaga@mail.ru*

*<sup>3</sup>frandly@mail.ru*

**Аннотация.** В статье представлены результаты анализа радиального роста *Larix sibirica* L. и *Picea obovata*. в лесотундре Ямало-Ненецкого автономного округа. В выборе площадок для отбора образцов использовался катенарный подход. Установлено, что популяционный сигнал у лиственниц возрастает при движении вверх по склону, а чувствительность хронологий в противоположную сторону. Наибольшее влияние на рост лиственниц оказывают температуры июня и июля. Самыми чувствительными к ним являются лиственницы плакоров. У елей реакция на температуры воздуха в нижней части катены отрицательная, в средней части – положительная.

**Ключевые слова:** Западно-Сибирская равнина, лесотундра, годовые кольца, древесно-кольцевые хронологии, дендроклиматология.

**Цитирование:** Быков Н.И., Шигимага А.А., Ильясов Р.М. Особенности радиального роста древесных растений в лесотундре Ямало-Ненецкого автономного округа // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (115). № 2. С. 98-112. Doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.006

**Благодарности:** Работа выполнена в рамках Государственного задания Института водных и экологических проблем СО РАН № 0306-2021-0007 «Природные и природно-хозяйственные системы Сибири в условиях современных вызовов: диагностика состояний, адаптивные возможности, потенциал экосистемных услуг» и научно-исследовательской работы «Современные климатические изменения и их влияние на ландшафтную структуру Ямало-Немецкого автономного округа» ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» при поддержке правительства ЯНАО.

Original article

## PECULIARITIES OF RADIAL GROWTH OF WOODY PLANTS IN THE FOREST-TUNDRA OF THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

*Nikolay I. Bykov<sup>1</sup>, Anna A. Shigimaga<sup>2</sup>, Ruslan M. Ilyasov<sup>3</sup>*

*<sup>1,2</sup>The Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IWEP SB RAS), Barnaul, Russia*

*<sup>3</sup>Arctic Research Center, Salekhard, Russia*

*<sup>1</sup>nikolai\_bykov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3756-1859>*

*<sup>2</sup>anettshigimaga@mail.ru*

*<sup>3</sup>frandly@mail.ru*

**Abstract.** The article presents the results of the analysis of the radial growth of *Larix sibirica* L. and *Picea obovata*. in the forest-tundra of the Yamal-Nenets Autonomous District. A catenary approach was used in site selection for sampling. It was found that the population signal in larches increases when moving up the slope, while the sensitivity of the chronologies increases in the opposite direction. The air temperatures in June and July exert the greatest influence on larch growth. The most sensitive to them are larches of flat interfluves. In spruces, the reaction to air temperatures in the lower part of the catena is negative, in the middle part it is positive.

**Keywords:** West Siberian Plain, forest tundra, annual growth rings, tree-ring chronologies, dendroclimatology.

**Citation:** Bykov N.I., Shigimaga A.A., Ilyasov R.M. Peculiarities of radial growth of woody plants in the forest-tundra of the Yamal-Nenets

Autonomous District // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (115). No. 2. P.98-112. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.006

**Acknowledgments:** The work was carried out within the framework of the Government Contract of the Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences No. 0306-2021-0007 “Natural and natural-economic systems of Siberia in the face of modern challenges: diagnostics of conditions, adaptive capabilities, potential of ecosystem services” and research work of the Arctic Research Center “Modern climatic changes and their impact on the landscape structure of the Yamal-Nenets Autonomous District” supported by the government of the YNAD.

### *Введение*

Формирование годичных колец древесных растений в значительной степени зависит от факторов среды, в том числе климатических. Это определяет их индикационную значимость и возможность использования для реконструкции показателей природной среды. При этом особую ценность для дендроклиматических исследований представляют древесные растения экстремальных местообитаний. Одним из таких местообитаний является лесотундра Западно-Сибирской равнины, где деревья выходят на крайнюю северную границу ареала своего обитания. Исследования радиального роста деревьев здесь проводились ранее неоднократно [1-6]. При этом были выполнены оценки климатических факторов данного роста. Однако, как правило, подобные исследования имели зональный характер. Вместе с тем, на пределе произрастания деревьев существенное влияние на их радиальный рост, априори, могут оказывать локальные факторы (экспозиция, величина наклона поверхности и прочее). В этом смысле представляет интерес реакция древесных растений в зависимости от их положения в пределах ландшафтной катены. С точки зрения ландшафтоведов [7] «катенарный подход позволяет выявить основные направления трансформации плакорных условий и охарактеризовать основные факторально-динамические ряды геосистем».

В этой связи целью данного исследования является анализ радиального роста деревьев лесотундры и его реакция на климатические факторы в зависимости от местоположения, в том числе пределах катены.

### *Материалы и методы*

В качестве территории исследования был выбран Тазовский район Ямало-Ненецкого автономного округа. Всего было заложено 6 площадок, че-

тыре их которых на катене (см. таблицу 1). В последнем случае площадки располагались от плакора до нижней части склона. В самой нижней части катены (пойма малой реки) деревья отсутствовали. Кроме того, были отобраны две дополнительные площадки на правом берегу р. Лукьяха - на вершине останца (плакора) и на террасе данной реки. Доминирующей породой на всех площадках была лиственница. Лишь изредка встречалась ель, что объясняет небольшое количество образцов, полученных с данной породы.

Методика отбора модельных деревьев на площадке соответствовала общепринятому подходу в дендроклиматических исследованиях [8]. Выбирались прямостоящие максимально удаленные от других деревья. Как правило, они были доминирующими в первом ярусе древостоя. Внешне они не имели признаков повреждения, то есть соответствовали первой или второй категории санитарного состояния согласно Правилам санитарной безопасности в лесах [9]. Выбирались прямостоящие деревья. С каждого дерева на уровне груди по двум противоположным радиусам отбирались керны. Необходимость отбора кернов на уровне груди определялась методическими требованиями дендроклиматических исследований [8]. Измерение ширины годичных колец осуществлялось с использованием специальной измерительной установки LINTAB 6 с прилагаемой к ней компьютерной программой TSAP с точностью до 0.01 мм.

Таблица 1. Географическое положение мест отбора дендрохронологических образцов, исследованные породы деревьев и число образцов

Номер площадки	Координаты	Порода	Число отобранных кернов	Географическое положение
Площадки катены				
05-21	67°2'56.77"с.ш., 79° 2' 34.40"в.д.	лиственница	30	Плакор. Микрорельеф в виде неглубоких округлых понижений
06-21	67°3'0.69"с.ш., 79° 2' 28.67"в.д.	лиственница ель	30 10	Верхняя часть склона северо-западной экспозиции. Угол наклона 6°
07-21	67°3'3.84"с.ш., 79° 2' 26.20"в.д.	лиственница ель	30 2	Средняя часть склона северо-западной экспозиции. Угол наклона 5°
08-21	67°3'6.99"с.ш., 79° 2' 26.52"в.д.	лиственница ель	30 8	Нижняя часть склона северной экспозиции. Угол наклона 5°
Дополнительные площадки				
04-21	67°10'26.68"с.ш., 78° 51'36.00"в.д.	лиственница	30	Вершина останцовой поверхности (плакор)
11-21	67°10'59.85"с.ш., 78° 51'13.24"в.д.	лиственница	30	Терраса р. Лукьяха

Процедура стандартизации древесно-кольцевых хронологий (ДКХ) осуществлялась в программе ARSTAN с использованием различных функций трендов. Для построения обобщенных хронологий по каждой породе деревьев исследованных площадок осуществлялась проверка популяционного сигнала (EPS - expressed population signal) [10]. Пригодность обобщенных хронологий для дендроклиматических исследований определялась с помощью коэффициента чувствительности [10]. Обобщенные хронологии анализировались на предмет их связей с климатическими показателями метеостанций Тазовский [11]. Взаимосвязь между климатом и приростом определялась с помощью расчета коэффициентов корреляции Пирсона.

### *Результаты и обсуждение*

Возраст деревьев. Самая длинная индивидуальная ДКХ (299 лет) на исследованных площадках была получена с лиственницы террасы р. Лукьяха. Самая старая ель (217 лет) была отмечена на участке 08-21. Между тем в литературных источниках приводятся свидетельства о том, что деревья в лесотундре могут достигать возраста в 500 лет [1]. При этом наибольшего возраста достигают лиственницы (максимально старое дерево имело возраст 670 лет) [3]. Наибольший средний возраст елей (168,7 лет) и лиственниц (167,5 лет) был отмечен на площадке 08-21. Значительный разброс возраста деревьев на площадках свидетельствует о естественном возобновлении леса (см. таблицу 2).

Таблица 1. Географическое положение мест отбора дендрохронологических образцов, исследованные породы деревьев и число образцов

Номер площадки	Значения	Среднее число лет в хронологиях	Средний радиус, мм	Средний годичный прирост, мм	Порода	Примечания
11-21	среднее	135.5	103.8	0.93	Лиственница	Терраса р. Лукьяха
	минимум	35	42.3	0.41		
	максимум	299	196.8	2.12		
04-21	среднее	76.6	69.0	1.00	Лиственница	Вершина останцовой поверхности (плакор)
	минимум	42	41.4	0.35		
	максимум	173	148.8	1.54		
05-21	среднее	135.6	59,0	0,49	Лиственница	Плакор. Микрорельеф в виде неглубоких округлых понижений
	минимум	69	32.6	0.23		
	максимум	212	101.2	1.24		

Продолжение таблицы 1

Номер площадки	Значения	Среднее число лет в хронологиях	Средний радиус, мм	Средний годичный прирост, мм	Порода	Примечания
06-21	среднее	130	71.1	0.55	Лиственница	Верхняя часть склона северо-западной экспозиции. Угол наклона 6°
	минимум	114	46.9	0.38		
	максимум	153	113.4	0.99		
6-21	среднее	147.9	80.3	0.55	Ель	
	минимум	115	55.9	0.40		
	максимум	187	121.0	0.85		
07-21	среднее	163.9	70.2	0.46	Лиственница	Средняя часть склона северо-западной экспозиции. Угол наклона 5°
	минимум	85	38.6	0.32		
	максимум	216	91.5	0.92		
07-21	среднее	98.5	64.0	0.65	Ель	
	минимум	98	63.1	0.64		
	максимум	99	65.0	0.66		
08-21	среднее	167.5	64.1	0.44	Лиственница	Нижняя часть склона северной экспозиции. Угол наклона 5°
	минимум	58	24,2	0.27		
	максимум	221	99.2	1.14		
08-21	среднее	168.7	89.3	0.56	Ель	
	минимум	89	58.7	0.40		
	максимум	217	111.3	0.83		

*Радиусы стволов на уровне груди (без коры).* Разброс радиусов (ксилемы) на площадках оказался довольно существенным – минимальные радиусы были в 1,5–5 раз меньше максимальных (см. таблицу 2). Из исследованных деревьев максимальный радиус был отмечен у лиственницы на террасе р. Лукьяха (196,8 мм). Ель максимального радиуса (121 мм) произрастала на площадке 06-21. Средние радиусы всех исследованных деревьев на площадках также существенно варьируют – от 59 мм (лиственницы площадки 05-21) до 103,8 мм (лиственницы площадки 11-21). У елей средние радиусы исследованных деревьев варьировали от 64 мм (площадка 07-21) до 89,3 мм (площадка 08-21).

*Средняя ширина годичных колец.* Средняя ширина годичных колец всех индивидуальных хронологий изменялась от 0,23 мм (лиственница на площадке 05-21) до 2,12 мм (у лиственницы на площадке 11-21). У елей она варьировала от 0,40 до 0,85 мм (площадка 06-21). Средняя ширина годичных колец на площадке у лиственниц изменялась в пределах от 0,44 до 1,00 мм, а у елей – от 0,55 до 0,65 мм (площадка 06-21 и 07-21 соответственно).

Средняя ширина годовых колец всех полученных индивидуальных ДКХ имеет корреляцию с длиной хронологии. Это соотношение выражено степенной функцией. Возрастные тренды ДКХ имеют традиционный вид: широкие годовые кольца формируются в начале роста дерева, а затем их ширина постепенно уменьшается. Возрастной тренд годовых колец, как правило, наиболее хорошо описывается полиномом второй степени.

Анализ связи рядов индивидуальных хронологий показал, что наилучшая синхронность и наибольшие коэффициенты корреляции отмечаются у пар хронологий с одного дерева. Крайне низкие значения коэффициента корреляции между хронологиями с одного дерева (0,23 или 0,30) являются, скорее, исключением из правила. В этом случае по одному из радиусов формируется кренивая древесина (чаще у елей). Три четверти хронологий с одного дерева обычно демонстрируют связь на уровне 0,65–0,94. Средний коэффициент корреляции пар хронологий с одного дерева примерно равен 0,7.

Таблица 3. Средний коэффициент корреляции индивидуальных ДКХ на площадке ( $k_{\text{ср}}$ ), единый популяционный сигнал (EPS) ДКХ и чувствительность обобщенных стандартизированных ДКХ

Номер площадки	Лиственница			Ель		
	$k_{\text{ср}}$	EPS	Чувствительность обобщенных ДКХ	$k_{\text{ср}}$	EPS	Чувствительность обобщенных ДКХ
04-21	0.48	0.96	0.33			
11-21	0.29	0.93	0.38			
05-21	0.37	0,95	0.40			
06-21	0.61	0.94	0.41	0.46	0.89	0.34
07-21	0.33	0.93	0.41			
08-21	0.23	0.90	0.43	0.46	0.87	0.37

Корреляционный анализ связи всех хронологий ширины годовых колец с одного участка показывает более существенный разброс, чем у парных хронологий (см. таблицу 3). Средний коэффициент корреляции всех пар хронологий на одном участке варьирует по лиственнице от 0,23 (площадка 08-21) до 0,61 (площадка 06-21). По ели он составляет 0,46. При этом просматривается некоторая тенденция увеличения среднего коэффициента корреляции всех пар ДКХ на площадке при движении от

нижних к верхним уровням катены. Еще более наглядно это обнаруживается у популяционного сигнала (EPS): чем выше положение в катене, тем сигнал лучше. Возможно, это связано с тем, что в нижних частях катены в лесотундре мерзлотные процессы в почве и грунтах идут интенсивнее, что приводит к нарушению поверхности почвы (пучению, формированию западин) и вертикальности стволов деревьев. Это вызывает образование креновой древесины и ухудшает связь хронологий как с разных сторон одного дерева, так и между разными деревьями.

Расчет сигнала популяции EPS, который является критерием оценки надежности обобщенной хронологии [10], показывает (см. таблицу 3), что он является удовлетворительным ( $EPS \geq 0.85$  [12]) для построения лиственничных и еловых обобщенных хронологий на всех площадках.

Стандартизированные обобщенные ДКХ были проверены на предмет наличия в них климатического сигнала через коэффициент чувствительности [10], который дает оценку колебаний величины индексов прироста от года к году, т.е. показывает степень воздействия внешних факторов на изменение величины прироста. Анализ рассчитанных коэффициентов чувствительности показал, что все обобщенные хронологии удовлетворяют требованиям дендроклиматических исследований, то есть выше 0,3 [13]. Показатели этого коэффициента варьируют от 0,33 (площадка 04-11) до 0,43 (площадка 08-21) (см. таблицу 3). Предыдущие исследователи [3] для широты местности наших площадок в лесотундре указывают значения этого коэффициента 0,36-0,41 для лиственничных хронологий и 0,26 для еловых. Если по лиственничным хронологиям наши результаты совпадают с результатами указанных выше авторов, то по еловым хронологиям наша выборка оказалась чувствительнее, чем у предыдущих авторов. На одних и тех же участках лиственничные хронологии всегда чувствительнее еловых.

При этом обнаруживается четкая закономерность изменения коэффициента чувствительности в зависимости от положения в катене: чем ниже уровень площадки, тем выше чувствительность ДКХ. Меньшая чувствительность хронологий, расположенных вблизи р. Лукьяха, вероятно, объясняется тепляющим эффектом реки, вследствие чего для деревьев здесь формируется более благоприятный микроклимат.

Анализ тесноты связи обобщенных стандартизированных древесно-кольцевых хронологий показал, что она зависит в основном от двух факторов: расстояния между площадками и принадлежности к одной породе дерева (см. таблицу 4). Так, например, наибольшее сходство демонстрируют стандартизированные хронологии лиственниц площадок 07-21 и 06-21, которые расположены наиболее близко (коэффициент корреляции составляет 0,72), и лиственничные хронологии дополнительных площадок (коэффициент корреляции 0.70).

Таблица 4. Корреляция обобщенных ДКХ (Л – лиственничные, Е – еловые)

Номер площадки и порода дерева	11-21 Л	04-21 Л	08-21 Л	08-21 Е	07-21 Л	07-21 Е	06-21 Л	06-21 Е	05-21 Л
11-21 Л	1.00								
04-21 Л	0.70	1.00							
08-21 Л	0.48	0.52	1.00						
08-21 Е	-0.09	0.01	0.39	1.00					
07-21 Л	0.57	0.69	0.55	0.08	1.00				
07-21 Е	0.34	0.22	0.39	0.38	0.47	1.00			
06-21 Л	0.38	0.54	0.69	0.37	0.72	0.23	1.00		
06-21 Е	-0.07	0.18	0.39	0.39	0.36	0.55	0.43	1.00	
05-21 Л	0.36	0.53	0.58	0.22	0.53	0.41	0.59	0.34	1.00

Анализ климатических факторов радиального роста древесных растений. Для анализа влияния климатических показателей на радиальный рост древесных растений в исследуемом районе был выполнен статистический анализ связи между рядами обобщенных стандартизированных хронологий ширины годичных колец и метеорологическими показателями. В качестве исходных метеорологических показателей были использованы данные метеостанции Тазовский, которая находится от площадок катены на расстоянии 50 км и в 35 км от дополнительных площадок. Данная метеостанция работает с небольшими перерывами с 1932 г. Здесь для анализа применялись данные среднемесячных значений температуры воздуха с начала наблюдений по 2019 г. включительно.

Установлено, что лиственницы лесотундры положительно откликаются на увеличение среднемесячных температур воздуха в июне и особенно в июле (см. рисунок 1). Наиболее чувствительными к температурам этих месяцев являются лиственницы плакора (площадка 05-21 лесотундры), а слабее всех реагируют лиственницы верхней части склона (площадка 06-21).

Вместе с тем, положительно реагируют лиственничные хронологии на температуру января. Вероятно, это связано с тем, что при более высоких январских температурах слабее промерзает почва. Вследствие этого происходит быстрое ее оттаивание весной, что способствует более раннему началу вегетации у лиственниц. Высокие температуры конца зимы и начала весны напротив неблагоприятны для последующего роста лиственниц в вегетационный период. Положительная реакция прироста на высокие температуры воздуха осенних месяцев текущего года, вероятно, обусловлена наличием в рядах автокорреляции.

Ели лесотундры положительно чувствуют себя при повышении температур в июле, январе, октябре и ноябре текущего года. Причина такой

реакции по последним двум месяцам видимо та же, что указана у лиственниц выше.

Почти всегда отрицательно на увеличение среднемесячных значений температуры воздуха реагируют ели самой нижней площадки на катене (площадка 08-21), особенно февраля-мая. Вероятно, повышение температуры усиливает увлажнение низинных участков, что приводит к затруднению здесь роста елей.

Лиственницы лесотундры всегда положительно реагируют на увеличение сумм среднесуточных температур воздуха в периоды, указанные на рисунке 1 (см. рисунок 1). Наибольшее значение для их роста имеют температуры воздуха за июнь-июль. Наиболее чутко реагирует по всем рассмотренным периодам хронология плакора (площадка 05-21). Лиственная хронология с верхней части склона (площадка 06-21) по какой-то нам неизвестной причине остается безучастной к изменениям температур воздуха в обозначенные периоды.

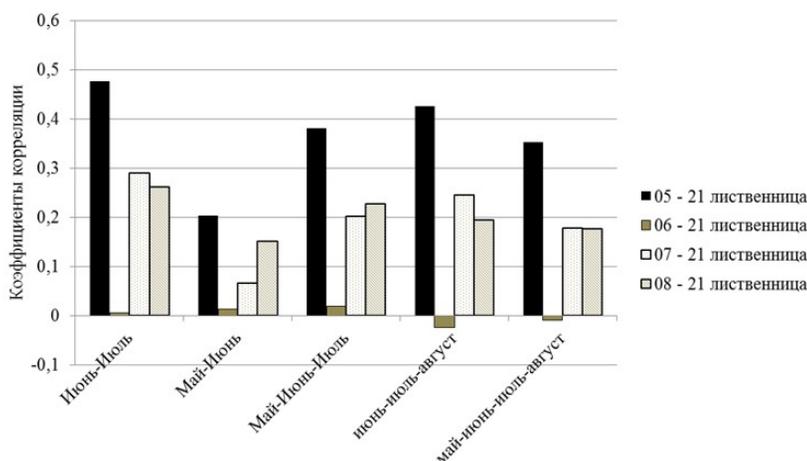


Рис. 1. Влияние сумм среднесуточных температур воздуха за группы месяцев на ширину годовых колец лиственницы в лесотундре

Ели лесотундры в разных местах катены демонстрируют различный отклик на суммы температур воздуха в выделенные периоды (см. рисунок 2). Так, например, еловые хронологии площадки 07-21 положительно откликаются на увеличение температур воздуха в июне-июле, в первую очередь, затем на суммы температур за летние месяцы и незначительно на май-июльские температуры. Ели низины (площадка 08-21) всегда уменьшают скорость роста при увеличении температур в указанные группы месяцев, особенно в мае-августе и июне-августе. Вероятно, это связано с тем, что синхронно с повышением температуры воздуха происходит изменение водного режима почв в сторону увеличения увлажнения.

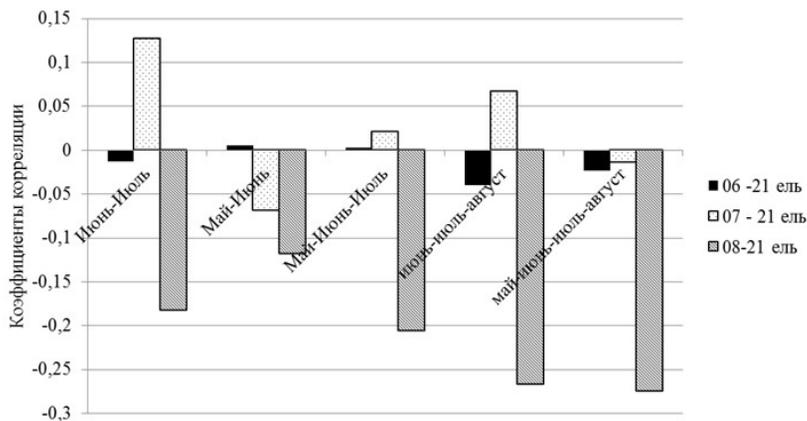


Рис. 2. Влияние сумм среднесуточных температур воздуха за группы месяцев на ширину годичных колец лиственницы в лесотундре

Таким образом, на основании проведенного анализа радиального роста деревьев лесотундры Западно-Сибирской равнины можно сделать следующие **выводы**:

1. Древесно-кольцевые хронологии со всех уровней катены, где произрастают деревья, пригодны для построения обобщенных хронологий и дендроклиматических исследований, о чем свидетельствуют популяционный сигнал (EPS) и коэффициент чувствительности.
2. Значения популяционного сигнала ДКХ на катене возрастают с повышением уровня и максимальных значений достигают на плакоре, а коэффициент чувствительности наоборот. Значения чувствительности лиственничных хронологий по сравнению с еловыми, на одних и тех же площадках, всегда выше.
3. Теснота связи обобщенных ДКХ зависит от расстояния между площадками, а также видовой принадлежности хронологий.
4. Радиальный рост лиственниц положительно реагирует на повышение температур воздуха в вегетационный период, особенно в июне и июле. Реакция елей зависит от ее положения в катене. На нижних уровнях повышение температуры летних месяцев отрицательно влияет на радиальный рост елей, что, вероятно, связано с усилением переувлажнения данных местообитаний. В средней части склона реакция елей на повышение температуры воздуха в летние месяцы часто положительная.

### Заключение

Результаты проведенных исследований показывают, что древесно-кольцевая индикация может служить хорошим дополнительным

источником сведений об изменениях, происходящих в ландшафтах лесотундры под влиянием трансформации климата. Реакция древесных растений на климатические факторы существенным образом дифференцирована здесь другими компонентами ландшафта (рельефом, растительным покровом и пр.), а также антропогенным воздействием на ландшафтную оболочку. Комплексные ландшафтные исследования в условиях недостатка информации позволяют взаимодополнять и объяснять причины тех или иных изменений в растительном и почвенном покрове, степень реакции биотической части ландшафта на изменения климата.

### *Список источников*

1. Арефьев С.П. Дендрохронологическая оценка фонового состояния природной среды на территории месторождений Уренгойской группы / С.П. Арефьев // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2011. № 11. С. 66-79.
2. Быков Н.И. Ландшафтные особенности радиального роста древесных растений Ямало-Ненецкого автономного округа / Н.И. Быков, А.А. Шигимага // Связь климатических изменений с изменениями биологического и ландшафтного разнообразия Арктики и Субарктики. Тезисы докладов международного симпозиума. Отв. редактор А.Ю. Левых, ред. перевода Н.В. Ганжерли. Ишим. 2022. С. 13.
3. Ваганов Е.А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. - Новосибирск: Наука, 1996. - 246 с.
4. Шиятов С.Г. Дендрохронологические ряды Приобской лесотундры / С.Г. Шиятов // Дендроклиматологические шкалы Советского Союза. - Каунас. 1984.- Ч. 3. - С. 64-72.
5. Шиятов С.Г. Дендрохронологические ряды Тазовской лесотундры / С.Г. Шиятов // Дендроклиматологические шкалы Советского Союза.- Каунас. 1984в.- Ч. 3.- С. 54-63.
6. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий / Н.В. Ловелиус. - Л.: Наука. Ленингр. отд-ние. 1979. - 230 с.
7. Черных Д.В., Золотов Д.В., Бирюков Р.Ю. Плакоры и ландшафтные катены Надымских сопок // Связь климатических изменений с изменениями биологического и ландшафтного разнообразия Арктики и Субарктики. Тезисы докладов международного симпозиума. Отв. редактор А.Ю. Левых, ред. перевода Н.В. Ганжерли. Ишим. 2022. - С. 26.
8. Шиятов С.Г. Методы дендрохронологии. Ч. I. / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов, В.Б. Круглов, В.С. Мазепа, М.М. Наурзбаев, Р.М. Хантемиров. - Красноярск, Изд-во КрасГУ, 2000. - 80 с.
9. Правила санитарной безопасности в лесах, 2020. Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах».

10. Тишин Д.В. Дендрозкология (методика древесно-кольцевого анализа) / Д.В. Тишин. – Казань: Казанский университет, 2011. – 33 с.
11. Температура воздуха. Режим доступа: <http://meteo.ru> (дата обращения: 20.10.2021).
12. Briffa, K. R., and Jones, P. D. 1990. Measuring the statistical quality of a chronology. In *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Edited by E. R. Cook and L. A. Kairiukstis. Kluwer Academic Publishers, Boston, Mass., USA. pp. 137–152.
13. Ferguson C. W. A 7104-year annual tree-ring chronology for Bristlecone pine, *Pinus aristata*, from the White Mountains, California // *Tree-Ring Bull.* - 1969. - Vol. 29. - No. 3-4. - P. 3-29.

### *References*

---

1. Arefiev S.P. Dendrochronological assessment of the background state of the natural environment in the territory of the deposits of the Urengoy group / S.P. Arefiev // *Bulletin of ecology, forest science and landscape science*. 2011. No. 11. P. 66-79.
2. Bykov N.I. Landscape features of the radial growth of woody plants in the Yamal-Nenets Autonomous District / N.I. Bykov, A.A. Shigimaga // *Relationship between climate change and changes in the biological and landscape diversity of the Arctic and Subarctic*. Abstracts of the reports of the international symposium. Managing editor A.Yu. Levykh, translation editor N.V. Ganzherli. Ishim. 2022, P. 13.
3. Vaganov E.A. Dendroclimatic research in the Ural-Siberian Subarctic / E.A. Vaganov, S.G. Shiyatov, V.S. Mazepa. - Novosibirsk: Nauka, 1996. - 246 p.
4. Shiyatov S.G. Dendrochronological series of the Ob forest-tundra / S.G. Shiyatov // *Dendroclimatological scales of the Soviet Union*. - Kaunas. 1984 b.- Part 3.- P. 64-72.
5. Shiyatov S.G. Dendrochronological series of the Taz forest-tundra / S.G. Shiyatov // *Dendroclimatological scales of the Soviet Union*. - Kaunas. 1984 v.- Part 3.- P. 54-63.
6. Lovelius N.V. Tree growth variability. Dendroindication of natural processes and anthropogenic influences / N.V. Lovelius. - Leningrad: Nauka. Leningrad department. 1979. - 230 p.
7. Chernykh D.V., Zolotov D.V., Biryukov R.Yu. Flat interfluvial and landscape catenas of the Nadym hills // *Relationship between climate change and changes in the biological and landscape diversity of the Arctic and Subarctic*. Abstracts of the reports of the international symposium. Managing editor A.Yu. Levykh, translation editor N.V. Ganzherli. Ishim. 2022, P. 26.
8. Shiyatov S.G. *Methods of dendrochronology. Part I.* / S.G. Shiyatov, E.A. Vaganov, A.V. Kirilyanov, V.B. Kruglov, V.S. Mazepa, M.M. Naurzbaev, R.M. Khantemirov. - Krasnoyarsk, Publishing House of the Krasnoyarsk State University, 2000. - 80 p.
9. Rules of sanitary safety in forests, 2020. Decree of the Government of the Russian Federation of December 9, 2020 N 2047 “On approval of the Rules of sanitary safety in forests”.
10. Tishin D.V. *Dendroecology (method of tree-ring analysis)* / D.V. Tishin. - Kazan: Kazan University, 2011. - 33 p.

11. Air temperature. Access mode: <http://meteo.ru> (date of access: 20.10.2021).
12. Briffa, K. R., and Jones, P. D. 1990. Measuring the statistical quality of a chronology. In *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Edited by E. R. Cook and L. A. Kairiukstis. Kluwer Academic Publishers, Boston, Mass., USA. pp. 137–152.
13. Ferguson C. W. A 7104-year annual tree-ring chronology for Bristlecone pine, *Pinus aristata*, from the White Mountains, California // *Tree-Ring Bull.* - 1969. - Vol. 29. - No. 3-4. - P. 3-29.

### *Сведения об авторах*

---

**Быков Николай Иванович**, 1962 г.р. Окончил Томский государственный университет по специальности «география» в 1984 году. Кандидат географических наук. Доцент с 2019 года. Старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул, Россия). Область научных интересов: дендроэкология, древесно-кольцевая индикация, историческая география, гляциология.

**Шигимага Анна Александровна**, 1997 г.р. В 2019 г. окончила магистратуру Алтайского государственного университета (г. Барнаул, Россия) по направлению «география». С 2019 г. обучается в аспирантуре Института водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул, Россия). Область научных интересов: дендроэкология, древесно-кольцевая индикация.

**Ильясов Руслан Михайлович**, 1989 г.р. Окончил ТюмГУ ИГН, факультет международных отношений; ТюмГУ ИНЗЕМ, география; РГПУ им. А.И. Герцена, аспирантура, кафедра политологии. ГКУ ЯНАО «Научный центр Изучения Арктики» (Салехард, Россия), научный сотрудник сектора охраны окружающей среды. Сфера научных интересов: международные отношения, география, картография, экология.

### *Вклад авторов*

---

Быков Н.И. – концепция исследования, полевые работы по отбору дендрохронологических образцов, подготовка образцов к измерению, дендроклиматический анализ, написание и редактирование текста;

Шигимага А.А. – измерение и стандартизация дендрохронологических образцов, написание и редактирование текста;

Ильясов Р.М. – полевые работы по отбору дендрохронологических образцов, написание и редактирование текста.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

### *Information about the authors*

---

**Nikolay Ivanovich Bykov**, born in 1962, graduated from the Tomsk State University with a degree in geography in 1984. Candidate of Geographic Sciences. Associate Professor since 2019. Senior Researcher at the Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Barnaul, Russia). Research interests: dendroecology, tree-ring indication, historical geography, glaciology.

**Anna Alexandrovna Shigimaga**, born in 1997, graduated from the Altai State University (Barnaul, Russia) with a master's degree in geography in 2019. Since 2019, she has been a postgraduate student at the Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Barnaul, Russia). Research interests: dendroecology, tree-ring indication.

**Ruslan Mikhailovich Ilyasov**, born in 1989, graduated from the Tyumen State University, Institute of Social Sciences and Humanities, Faculty of International Relations; Tyumen State University, Institute of Earth Sciences with a degree in geography; post graduate study at Herzen State Pedagogical University of Russia, Department of Political Science. Researcher of the Environmental Sector of the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District (Salekhard, Russia). Research interests: international relations, geography, cartography, ecology.

### *Authors Contribution*

---

I.N. Bykov - research concept, field work on the selection of dendrochronological samples, preparation of samples for measurement, dendroclimatic analysis, text writing and editing;

A. A. Shigimaga - measurement and standardization of dendrochronological samples, text writing and editing;

R. M. Ilyasov - field work on the selection of dendrochronological samples, text writing and editing.

All co-authors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Статья поступила в редакцию 30.06.2022 г., принята к публикации 19.07.2022 г.

The article was submitted on June 30, 2022, accepted for publication on July 19, 2022.