

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 911.2 (470)

ДЕНДРОХРОНОИНДИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ МЕСТНОГО КЛИМАТА ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ НАДЫМА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ

Ю.Н. Бочкарев¹, К.Н. Дьяконов², А.В. Соромотин³, О.С. Сизов⁴

^{1,2} *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
кафедра физической географии и ландшафтоведения*

¹ *Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН*

³ *Тюменский государственный университет, НИИ экологии и рационального использования
природных ресурсов Тюменского государственного университета*

⁴ *Институт проблем нефти и газа РАН, лаборатория комплексного геолого-геофизического изучения
и освоения нефтегазовых ресурсов континентального шельфа*

¹ *Канд. геогр. наук, инженер; e-mail: uboch@yandex.ru*

² *Проф., чл.-корр. РАН, д-р геогр. наук; e-mail: diakonov.geofak@mail.ru*

³ *Директор, доц., д-р биол. наук; e-mail: asoromotin@mail.ru*

⁴ *Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: kabanin@yandex.ru*

На основе дендрохронологического анализа 55 кернов лиственницы сибирской, взятых в редкостойном кедрово-лиственничном травянистом лесу в пределах г. Надыма и на пробной площади-аналоге в 26 км от Надыма в редкостойном кедрово-лиственничном зеленомошно-лишайниковом лесу, выявлена динамика фитопродукционного процесса с 1700 по 2020 г. Сопоставление графиков обобщенных дендрохронологий позволяет заключить, что до начала активного роста города в 1972 г. прирост на контрольном участке был более изменчив и больше на 1/3, чем в пределах города. При расширении площади города за последние 50 лет прирост в его черте вырос в 2,4 раза по сравнению с контрольной площадью. Проведен анализ статистических характеристик выборок, показывающий значимость влияния города на прирост лиственниц. Использован метод пространственных разностей температуры воздуха между Надымом и Тарко-Сале, расположенном в 250 км на юго-восток. Потепление в зимний период в Надыме составило 2,8°C, что на 0,7°C больше, чем в Тарко-Сале. Потепление в летний период практически одинаково и составило 1,3–1,4°C при среднем квадратическом отклонении многолетнего ряда в 1,8°C. Повышение температуры воздуха в Надыме не могло не сказаться на приросте лиственницы. Другие важные факторы роста биопродуктивности – тепляющее влияние города (снижение затрат энергии на испарение и увеличение затрат энергии на теплообмен подстилающей поверхности с атмосферой) и агролесомелиорация естественных лесов.

Ключевые слова: дендроиндикация, местный климат, города Надым и Тарко-Сале, метод пространственных разностей температуры во времени, антропогенные факторы потепления

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.12

ВВЕДЕНИЕ

Отраслевые и комплексные физико-географические исследования на севере Западно-Сибирской равнины ведутся более 60 лет, начиная с проекта создания Нижнеобского водохранилища. Фронт работ был расширен в связи с интенсивным освоением месторождений нефти и газа, а очевидное потепление климата повысило их актуальность. Изучение биопродуктивности на северной границе леса в Западной Сибири позволили сделать вывод, что вклад геофизических факторов (температуры воздуха и геомагнитного индекса АА) составляет 46%, вклад

активности Солнца (индикатор числа Вольфа) и барического центра Солнечной системы (БЦСС) – 22%. На долю указанных факторов приходится 66% [Дьяконов, Бочкарев, Ретеюм, 2012]. Большое значение для понимания роли космических факторов с биопродукционным процессом имел установленный Т. Ландшайдтом [Landscheidt, 1999] эффект относительного перемещения Солнца и БЦСС. Рост температуры в пределах всего макрорегиона на северной границе таежной зоны Западной Сибири во многом связан с внутренней активностью Земли [Дьяконов, Ретеюм, 2020]. На локальном уровне

(фаций и урочищ) реакция деревьев в целом положительная, но далеко не всегда [Бочкарев, 2006; 2014; Ваганов, Шиятов, 2005; Дьяконов, Бочкарев, 2019].

В изменении современного климата есть несколько причин. Основная из них, по мнению климатологов, – антропогенный фактор, хозяйственная деятельность человека. Эта концепция признается большинством климатологов и частью ландшафтоведов [Голеусов, Нетреба, 2023]. Однако, влияние на климат и его важнейшие показатели (температуру воздуха и атмосферные осадки) может быть связано и с другими факторами, которые проявлялись как в течение многомиллионной истории нашей планеты, так и в настоящее время.

Важна роль фактора соседства – латеральных связей внутри ландшафта. Увеличение радиального прироста деревьев может быть связано с изменением физических свойств подстилающей поверхности: отражательной способности потока солнечной энергии, удельной теплоемкости и теплопроводности. Особый интерес представляет территория агломераций, над которыми формируется «теплая шапка» воздуха, фиксируемая на космических снимках и метеорологических станциях.

Цель исследования – охарактеризовать региональный феномен роста биопродуктивности лиственницы (*Larix sibirica* – *L.*) в пределах городской территории Надыма на севере Западно-Сибирской равнины.

Задачи исследования:

- построить обобщенные хронологии годичного радиального прироста лиственниц (в миллиметрах) в черте города Надыма (парк имени Козлова) и на контрольной пробной площади в сходных ландшафтных условиях с парком (дренированная надпойменная терраса реки Надым), но с практически отсутствием антропогенного влияния;

- построить совместные графики этих хронологий и визуально оценить, есть ли значимые отличия прироста лиственниц между этими пробными площадями после основания города Надыма (1972–2020) и в период от начала хронологий до года его образования (1700–1971);

- оценить статистическую значимость различий описанных выше выборок, применив методы сравнения выборок и построив графики «ящик с усами»;

- сопоставить полученные результаты и сделать выводы о степени влияния антропогенных факторов в черте Надыма на продуктивность растительности и причинах этого влияния.

Объект изучения. Для выявления возможного влияния строительства и развития города на годичный радиальный прирост древостоя была выбрана территория парка культуры и отдыха имени Е.Ф. Козлова – участка сохранившегося леса в черте города. Географические координаты –

65°32'02,45" с. ш. 72°31'05,16" в. д. Парк находится на слабоволнистой и плоской поверхности надпойменной террасы реки Надым. Преобладает лиственный с примесью кедра редкостойный древостой. Моховой-лишайниковый покров с кустарничками практически уничтожен из-за антропогенной нарушенности и заменен травянистым злаковым с небольшим проективным покрытием. Почва – подзол иллювиально-железистый. Для выявления антропогенного влияния города на прирост лиственниц в парке была заложена контрольная пробная площадь в сходных по природным условиям произрастания деревьев ПТК, но практически не подверженная антропогенному влиянию – урочище надпойменной террасы р. Надым в 26 км к юго-востоку от города. Оба урочища находятся на достаточно дренированных плоских и пологоволнистых поверхностях, сложенных мощными песками с отсутствием многолетней мерзлоты. На контрольном урочище растительность представлена редкостойной сосново-лиственнично-кедровой зеленомошно-лишайниковой с примесью кустарничков тайгой на подзоле иллювиально-железистом. Возраст отобранных лиственниц составляет 150–350 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В парке были отобраны керны с двух противоположных диаметров ствола приростным буром Пресслера с использованием мощного шуруповерта. Для измерения ширины годичных колец и был использован полуавтоматический комплекс LINTAB 5 и программный пакет TSAP WIN. Далее рассчитывались медианы прироста по каждому году по всем деревьям пробной площади и составлены таким образом обобщенные дендрохронологии по годичным радиальным приростам лиственниц как в парке, так и для контрольной территории. Затем были построены совместные графики хронологий. Количество проб: с 27 лиственниц (преобладающей древесной породы с наибольшим возрастом – 140–350 лет) в парке и с 28 лиственниц с контрольного участка, где его влияние, вероятно, не сказывается. По измерениям годичного радиального прироста деревьев из каждой пробной площади составлены обобщенные оценки различий в динамике прироста и выявления возможного влияния города Надыма на прирост. Затем были построены совместные графики дендрохронологий. Построение индексированных хронологий в данном случае не требовалось, так как согласно методике исследований достаточно сопоставить выборки годичного радиального прироста в миллиметрах с пробных площадей в черте города и на контрольном участке, где влияния Надыма не проявлялось как до начала строительства в 1972 г., так и после его интенсивной застройки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как следует из графиков хронологий, за 220-летний период до начала активного освоения города (до 1970 г.) прирост в контрольном ПТК был в целом более изменчив, чем на территории современного парка, несмотря на сходные природные условия (рис. 1). В целом прирост был немного выше на контрольной территории, но были периоды, когда прирост в обеих геосистемах до строительства Надыма был примерно одинаков (1815–1856 и 1932–1971 гг.). Это говорит о влиянии индивидуальных особенностей динамики этих ПТК на прирост лиственниц, которые требуют дополнительных исследований. Одна из версий – низовые лесные пожары. Однако после 1972 г., т. е. уже спустя 2–3 года после

активной застройки Надыма, на территории парка прирост лиственниц резко увеличился по сравнению с контрольным ПТК, что видно на графике, причем это увеличение было аномально большим, не наблюдавшимся ранее за весь период роста лиственниц на обеих территориях. Это свидетельствует о неоспоримом положительном влиянии развития города на прирост древостоя в парке имени Козлова.

Для доказательства статистической достоверности результатов, полученных визуально по графикам, был применен t -тест сравнения выборок годичного радиального прироста лиственниц между контрольным ПТК и парком отдельно за периоды 1700–1971 и 1972–2020 гг. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Статистическая оценка значимости влияния Надыма на прирост лиственниц

Годы	Среднеголетний прирост, мм/год		t	$p(t)$	Размер выборки		Стандартное отклонение		F	$p(F)$
	Контрольная площадка	Парк			Контрольная площадка	Парк	Контрольная площадка	Парк		
1972–2020	0,31	0,75	36,2	0,00	2352	2036	0,18	0,56	9,59	0,00
1700–1971	0,41	0,30	19,6	0,00	7297	5327	0,27	0,30	1,20	0,00

Примечание: t – t -критерий Стьюдента для независимых выборок, $p(t)$ – уровень статистической значимости при t -критерии Стьюдента, F – F -критерий Фишера, $p(F)$ – уровень статистической значимости при F -критерии Фишера.

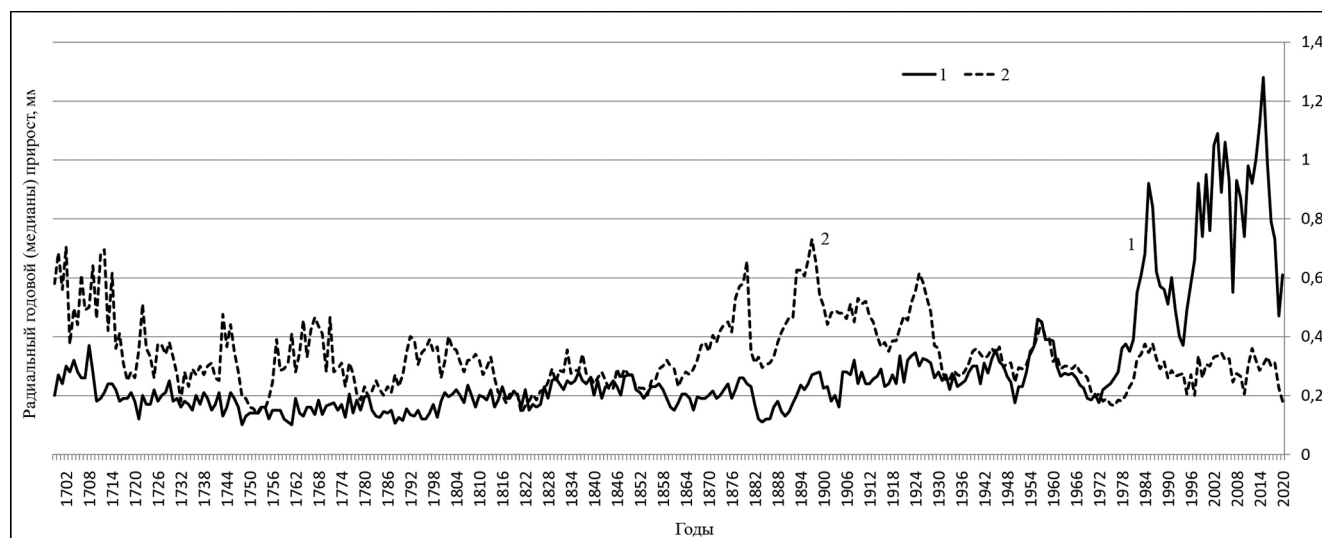


Рис. 1. График радиального годового прироста лиственниц (медианы по всем деревьям с пробной площади за каждый год, мм) в парке имени Е.Ф. Козлова (1) и в контрольном ПТК (2)

Fig. 1. Graph of radial annual growth of larches (median for all trees from the sample plot for each year, mm) in the park named after E.F. Kozlov (1) and in the control PTC (2)

Этот тест однозначно подтверждает полученные выводы. В годы активного развития Надыма средний прирост лиственниц в парке составил 0,75 мм, а в контрольном ПТК – 0,31 мм. В годы до строительства города на территории будущего парка прирост равнялся 0,30, а в контрольном ПТК – 0,41 мм. В обоих случаях достоверность разности средних подтверждается t-тестом, но в наибольшей степени различие проявляется в годы антропогенного освоения территории парка (рис. 2).

Для установления изменения регионального и местного климата в биопродукционном процес-

се использован метод расчета пространственных разностей температур воздуха в летний и зимний периоды 1960–1971 и 1972–2020 гг. между метеостанциями в Надыме и Тарко-Сале. Тарко-Сале расположен в 250 км к юго-востоку от Надыма. Территории городов относятся к одной северо-таежной Надым-Пурской физико-географической провинции и региональной синоптической зоне с незначительно более континентальным климатом в Тарко-Сале. Продолжительность летнего периода (июнь – август) составляет 92 дня, зимнего (ноябрь – март) – 151 день.

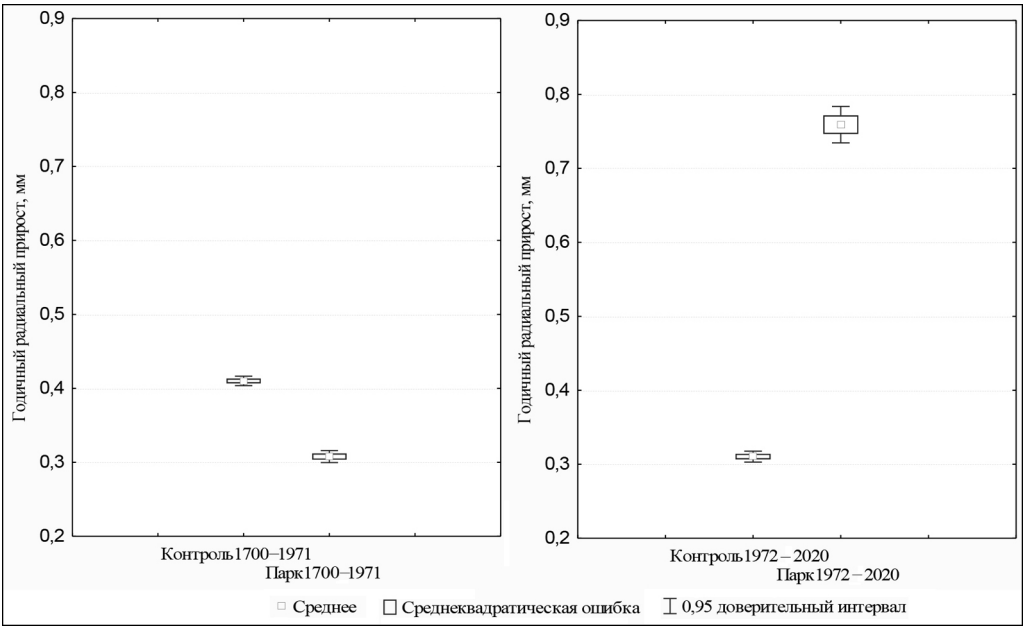


Рис. 2. Различие средних величин годовых радиальных приростов лиственниц из парка города Надым и контрольного ПТК в период активного строительства и развития города Надым (1972–2020)

Fig. 2. Difference in the average values of annual radial growth of larches from the park of the city of Nadym and the control PTC during the period of active construction and development of the city of Nadym (1972–2020)

Таблица 2
Динамика средних сезонных температур воздуха в Надыме и Тарко-Сале с 1960 по 2020 г.

Сезон	Населенный пункт	Средняя температура воздуха, °С		Динамика температуры, °С
		1960–1971 гг.	1972–2020 гг.	
Зима	Надым	–20,7	–18,9	+2,8
	Тарко-Сале	–21,3	–19,2	+2,1
	Разница	+0,6	+0,3	+0,7
Лето	Надым	+11,8	+13,2	+1,4
	Тарко-Сале	+12,3	+13,6	+1,3
	Разница	–0,5	–0,4	+0,1

Источники: Надым – [http://www.pogodaiklimat.ru/history/23445.htm], Тарко-Сале – [http://www.pogodaiklimat.ru/history/23552.htm].

Повышение зимних и летних температур воздуха носит региональный характер, но не выходит за пределы среднего квадратического отклонения средних месячных температур воздуха, которые равны для периода ноябрь – март в среднем по метеостанции Тарко-Сале $4,6^{\circ}\text{C}$. Среднее квадратическое отклонение средних месячных температур воздуха за период июнь – август составляет $1,8^{\circ}\text{C}$ [Справочник по климату СССР..., 1976]. На основании этого можно заключить, что повышение зимних температур может повлиять на почвенный климат в теплые зимы и вызвать более раннее начало вегетационного периода, что, в свою очередь, повысит фитопродуктивность древостоев. Рост температуры в летний период и увеличение вегетационного периода должны были сказаться на интенсивности радиального прироста деревьев. Аналогичные результаты были получены Н.Г. Москаленко [2009] и Ю.П. Солдатенковой [1965]. Но интенсивный прирост безусловно связан не столько с региональным фактором потепления, сколько с локальными (внутриландшафтными) факторами. Площадь Надыма с 20 км² в 1972 г. к 2020 г. возросла до 185 км², а численность населения соответственно с 20 тыс. выросла до 46 тыс. человек. Ряд автомагистралей имеет дренажно-коллекторную сеть, сократилась площадь заболоченных территорий, более темные

поверхности тротуаров и автомобильных дорог в летний период характеризуются значениями альбедо в 10–15%, что на 5–12% меньше, чем зеленые поверхности растительного покрова. Расширение площади города и его инфраструктура в зимний период формируют шапку тепла. Летом за счет сокращения затрат энергии на испарение возрастают ее затраты на турбулентный теплообмен подстилающей поверхности с атмосферой, и возрастает поток энергии в почву.

ВЫВОДЫ

Установленное значительное улучшение условий произрастания древостоя в парке имени Е.Ф. Козлова в Надыме может быть частично объяснено потеплением регионального климата и города, изменениями почвенного климата в связи с проведением культуртехнических работ: значительного уничтожения густого кустарничково-мохово-лишайникового покрова, который ранее выступал теплоизолятором и замедлял прогревание почв. Таким образом, антропогенные факторы преобразования ландшафтов на локальном уровне более значимы, чем рост температуры регионального климата. Полученный результат показывает, что небольшие массивы лесов в городских антропогенных ландшафтах увеличивают биоразнообразие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бочкарев Ю.Н. Изучение внутривековой динамики ландшафтов северной тайги Западной Сибири методами дендрохронологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2006. № 3. С. 62–67.
- Бочкарев Ю.Н. Многолетняя динамика бугров пучения на севере Западной Сибири по данным дендрохронологии // Вопросы географии. Т. 138. М.: Кодекс, 2014. С. 251–270.
- Ваганов Е.А., Шиятов С.Г. Дендроклиматические и дендрохронологические исследования в Северной Евразии // Лесоведение. 2005. № 4. С. 18–27.
- Голеусов П.В., Нетреба А.А. Перспективы ведения мониторинга углеродного баланса антропогенно преобразованных ландшафтов // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения: материалы XIV Международной ландшафтной конференции. Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2023. Т. 2. С. 194–196.
- Дьяконов К.Н., Бочкарев Ю.Н., Ретеюм А.Ю. Геофизические и астрофизические факторы биопродуктивности ландшафтов на северной и верхней границе леса // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2012. № 4. С. 3–8.
- Дьяконов К.Н., Бочкарев Ю.Н. Дендрохроноиндикация эволюции парагенетической системы бугры пучения – термокарстовые озера // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2019. № 4. С. 15–23.
- Дьяконов К.Н., Ретеюм А.Ю. Причины современных изменений геосистем на севере Западной Сибири // География и природные ресурсы. 2020. № 4. С. 37–43. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-4(37-43).
- Москаленко Н.Г. Изменение температуры пород и растительности под влиянием меняющегося климата и техногенеза в Надымском районе Западной Сибири // Криосфера Земли. 2009. Т. XIII. № 4. С. 18–23.
- Солдатенкова Ю.П. Температурный режим почвы и температура напочвенного покрова в различных растительных сообществах в районе Салехарда // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6. Биология и почвоведение. 1965. № 3.
- Справочник по климату СССР. Устойчивость и точность климатических характеристик. Т. 1: Солнечное сияние, температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 396 с.
- Konstantinov P. et al. A high density urban temperature network deployed in several cities of Eurasian Arctic, 2018, *Environ. Res. Lett.*, 13 075007.
- Landscheidt T. Extrema in sunspot cycle linked to Sun's motion, *Solar Physics*, 1999, vol. 189(2), p. 413–424, DOI: 10.1023/A:1005287705442.
- Электронные ресурсы
Погода и климат. Летопись погоды в Надыме: Средние месячные и годовые температуры воздуха в Надыме (по онлайн-данным и литературным источникам). URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/23445.htm> (дата обращения 16.04.2023).

Погода и климат. Летопись погоды в Тарко-Сале: Средние месячные и годовые температуры воздуха в Тарко-Сале (по онлайн-данным и литературным источни-

кам). URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/23552.htm> (дата обращения 26.04.2023).

Поступила в редакцию 22.05.2023

После доработки 23.05.2023

Принята к публикации 24.05.2023

DENDROCHRONOINDICATION OF LOCAL CLIMATE CHANGE IN NADYM CITY OVER THE LAST 50 YEARS

Yu.N. Bochkarev¹, K.N. Dyakonov², A.V. Soromotin³, O.S. Sizov⁴

^{1,2} Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science

¹ Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Centre SB RAS

³ Tyumen State University, Research institute of Ecology and Resource Natural Management

⁴ Oil and Gas Research Institute RAS, laboratory of integrated geological and geophysical study and oil and gas continental shelf resources

¹ Ph.D. in Geography, engineer; e-mail: uboch@yandex.ru

² Professor, Corresponding Member of the RAS, Sc. Dr. in Geography; e-mail: diakonov.geofak@mail.ru

³ Director, associate professor, Sc. D. in Biology; e-mail: asoromotin@mail.ru

⁴ Senior Researcher, Ph. D. in Geography; e-mail: kabanin@yandex.ru

The dynamics of the phytoproduction process in the period from 1700 to 2020 AD was defined by means of dendrochronological analysis of fifty-five Siberian larch cores taken in a sparse cedar-larch herbaceous forest within the city of Nadym and on a sample plot twenty-six kilometers from Nadym in a sparse cedar-larch green moss-lichen forest. Comparison of generalized dendrochronologies allows us to conclude that before the active growth of the city in 1972, the increase in the control area was more variable and more by 1/3 than within the city. With the expansion of the city over the past 50 years, the increase in productivity within the city boundaries exceeded 2.4 times compared to the control area. Analysis of the statistical characteristics of the samples was carried out, showing the significance of the influence of the city on the growth of larches. The method of spatial air temperature differences between Nadym and Tarko-Sale, located 250 km to the southeast, was used. Warming in winter in Nadym was 2.8°C, which is 0.7°C more than in Tarko-Sale. The warming in the summer period is almost the same and amounted to 1.3–1.4°C with a standard deviation of the long-term series of 1.8°C. An increase in air temperature in Nadym could not but affect the growth of larch. The other factors for the growth of bioproductivity are the warming effect of the city (reduction of energy costs for evaporation and an increase in energy costs for heat exchange between the underlying surface and the atmosphere) and agroforestry reclamation of natural forests.

Keywords: dendroindication, local climate, Tarko-Sale, method of spatial temperature differences over time, anthropogenic warming factors

REFERENCES

- Bochkarev Yu.N. Izuchenie vnutrivenkovoj dinamiki landshaftov severnoj tajgi Zapadnoj Sibiri metodami dendrochronologii [Study of the intra-secular dynamics of landscapes in the northern taiga of Western Siberia using dendrochronology methods], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2006, no. 3, p. 62–67. (In Russian)
- Bochkarev Yu.N. Mnogoletnyaya dinamika bugrov pucheniya na severe Zapadnoj Sibiri po dannym dendrochronologii [Long-term frost mounds dynamics in the north of Western Siberia according to dendrochronological data], *Voprosy geografii*, no. 138, 2014, p. 251–270. (In Russian)
- D'yakonov K.N., Bochkarev Yu.N. Dendrochronoindikaciya evolyucii parageneticheskoy sistemy bugry pucheniya – termokarstovye ozero [Dendrochronological indication of the evolution of “frost mounds – thermokarst lakes” paragenetic system], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2019, no. 4, p. 15–23. (In Russian)
- D'yakonov K.N., Reteyum A.Yu. Prichiny sovremennykh izmenenij geosistem na severe Zapadnoj Sibiri [The causes of current changes in geosystems in the north of Western Siberia], *Geografiya i prirodnye resursy*, 2020, vol. 41, no. 4, p. 338–343. (In Russian)
- Goleusov P.V., Netreba A.A. Perspektivy vedeniya monitoringa uglerodnogo balansa antropogennno preobrazovannykh landshaftov [Prospects for monitoring the carbon balance of anthropogenically transformed landscapes], *Teoreticheskie i prikladnye problemy landshaftnoj geografii, VII Mil'kovskie chteniya, materialy XIV Mezhdunarodnoj landshaftnoj konferencii*, Voronezh, VGU Publ., 2023, t. 2, p. 194–196. (In Russian)

- Konstantinov P. et al. A high density urban temperature network deployed in several cities of Eurasian Arctic, 2018, *Environ. Res. Lett.*, 13 075007.
- Landscheidt T. Extrema in sunspot cycle linked to Sun's motion, *Solar Physics*, 1999, no. 189(2), p. 415–426, DOI: 10.1023/A:1005287705442.
- Moskalenko N.G. Izmenenie temperatury porod i rastitel'nosti pod vliyaniem menyayushchegosya klimata i tekhnogeneza v Nadymskom rajone Zapadnoj Sibiri [Permafrost and vegetation changes in the Nadym region of West Siberian northern taiga due to the climate change and technogenesis], *Kriosfera Zemli*, 2009, vol. XIII, no. 4, p. 18–23. (In Russian)
- Soldatenkova Yu.P. Temperaturnyj rezhim pochvy i temperatura napochvennogo pokrova v razlichnyh rastitel'nyh soobshchestvah v rajone Salekharda [Soil temperature regime and ground cover temperature in various plant communities in the Salekhard region], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 6, Biologist and soil scientist*, 1965, no. 3, (In Russian)
- Spravochnik po klimatu SSSR, Ustojchivost' i tochnost' klimaticheskikh harakteristik, vol. 1, *Solnechnoe siyanie, temperatura vozduha i pochvy*, Leningrad, Gidrometeoizdat, 1976, 396 p. (In Russian)
- Vaganov E.A., Shiyatov S.G. Dendroklimaticheskie i dendrochronologicheskie issledovaniya v Severnoj Evrazii [Dendroclimatic and dendroecological studies in Northern Eurasia], *Lesovedenie*, 2005, no. 4, p. 18–27. (In Russian)
- Web sources*
- Pogoda i klimat, Letopis' pogody v Nadyne, Srednie mesyachnye i godovye temperatury vozduha v Nadyne (po online dannym i literaturnym istochnikam) [Weather and climate. Weather chronicle in Nadym: Average monthly and annual air temperatures in Nadym (according to online data and literary sources)], URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/23445.htm> (access date 16.04.2023), (In Russian)
- Pogoda i klimat, Letopis' pogody v Tarko-Sale, Srednie mesyachnye i godovye temperatury vozduha v Tarko-Sale (po online dannym i literaturnym istochnikam) [Weather and climate. Weather chronicle in Tarko-Sale: Average monthly and annual air temperatures in Tarko-Sale (according to online data and literary sources)], URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/23552.htm> (access date 26.04.2023), (In Russian)

Received 22.05.2023

Revised 23.05.2023

Accepted 24.05.2023