

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ МЕТОДОВ В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

---

Научная статья / Article

УДК 630\*561.24

[https://doi.org/10.14258/tpai\(2022\)34\(2\).-09](https://doi.org/10.14258/tpai(2022)34(2).-09)

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОЛЬЦЕВЫХ ХРОНОЛОГИЙ СОВРЕМЕННОЙ И АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ ТОБОЛО-ИШИМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ДЕНДРОАРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ШКАЛ

**Станислав Павлович Арефьев<sup>1\*</sup>, Виктор Алексеевич Зах<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт проблем освоения Севера ТюмНЦ СО РАН; Тюмень, Россия;  
[sp\\_arefyev@mail.ru](mailto:sp_arefyev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8621-9884>

<sup>2</sup> Институт проблем освоения Севера ТюмНЦ СО РАН; Тюмень, Россия;  
[viczakh@mail.ru](mailto:viczakh@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3635-5933>

\* Автор, ответственный за переписку

**Резюме.** Цель настоящей статьи — оценка перспектив построения региональных дендроархеологических шкал по сосне Тоболо-Ишимского региона (Нижнее Притоболье, южно-таежное левобережье Иртыша и Нижнее Приишимье в пределах Тюменской области) с учетом ландшафтно-типологических различий мест произрастания и расстояния применимости шкалы. В процессе исследований использовано 29 обобщенных локальных древесно-кольцевых хронологий (ДКХ) живых деревьев сосны обыкновенной, происходящих с территории Тобольского, Ярковского, Нижнетавдинского, Тюменского, Викуловского, Аромашевского, Заводоуковского и Ишимского административных районов Тюменской области. Первый находится на южной границе таежной зоны, два последних — в пределах лесостепной зоны, остальные — в пределах подтайги. Проанализированы также ДКХ сосновых бревен из раскопок частотола Тобольского посада и археологической древесины «Царева кургана» располагавшегося в г. Кургане. Проведенный анализ показал недостаточные возможности использования имеющихся дендрошкал из ближайших регионов («Тара» и «Gor\_pin») для датировки местных археологических памятников и архитектурных сооружений и хорошие перспективы построения региональных дендрошкал. С учетом ландшафтной типологии местопроизрастаний их может быть не менее трех: для речных и озерных долин (с наибольшим уровнем корреляции ДКХ), для суходольных водоразделов (со средним уровнем корреляции) и для болот (с низким уровнем корреляции).

**Ключевые слова:** Тоболо-Ишимский регион, дендро-археологические шкалы, возраст живых деревьев, параметры древесно-кольцевых хронологий, ландшафтная типология древесно-кольцевых хронологий

**Благодарности:** работа выполнена по госзаданию №121041600045-8, проект «Западная Сибирь в контексте Евразийских связей: человек, природа, социум».

**Для цитирования:** Арефьев С. П., Зах В. А. Сравнительный анализ кольцевых хронологий современной и археологической древесины Тоболо-Ишимского междуречья и перспективы построения региональных дендроархеологических шкал // Теория и практика археологических исследований. 2022. Т. 34, №2. С. 147–171. [https://doi.org/10.14258/tpai\(2022\)34\(2\).-09](https://doi.org/10.14258/tpai(2022)34(2).-09).

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RING CHRONOLOGIES OF MODERN AND ARCHAEOLOGICAL WOOD FROM THE TOBOL-ISHIM INTERFLUVE AND THE PROSPECTS FOR CONSTRUCTION OF REGIONAL DENDROARCHAEOLOGICAL SCALES

Stanislav P. Arefyev<sup>1\*</sup>, Viktor A. Zakh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of the Problems of Northern Development of Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, Russia;

[sp\\_arefyev@mail.ru](mailto:sp_arefyev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8621-9884>;

<sup>2</sup> Institute of the Problems of Northern Development of Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, Russia;

[viczakh@mail.ru](mailto:viczakh@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3635-5933>

\* Corresponding Author

**Abstract.** The purpose of this article is to assess the prospects for the construction of regional dendroarchaeological scales on the pine from the Tobol-Ishim region (the Lower Tobol river area, South Taiga left bank of the Irtysh and the Lower Ishim river area within the Tyumen oblast) taking into account landscape and typological differences in the places of growth and the distance of applicability of the scale. In the process of research, 29 generalized local tree-ring chronologies (TRW) of living common pine trees originating from the territory of Tobolsky, Yarkovsky, Nizhnetavdinsky, Tyumensky, Vikulovsky, Aromashevsky, Zavodoukovsky and Ishimsky administrative districts of the Tyumen oblast were used. The first district is located on the southern border of the taiga zone, the last two are in the forest-steppe zone, the rest are within the subtaiga. TRW of pine logs from excavations of the Tobolsky Posad and archaeological wood from “Tsarev Kurgan” located in Kurgan were also analyzed. The analysis showed insufficient possibilities of using existing dendroscales from the nearest regions (“Tara” and “Gor\_pin”) to date local archaeological sites and architectural structures and good prospects for building regional dendroscales. Taking into account the landscape typology of the places of growth, there can be at least three of them: for river and lake valleys (with the highest level of TRW correlation), for dry watersheds (with an average level of correlation) and for swamps (with a low level of correlation).

**Key words:** Tobol-Ishim region, dendroarchaeological scales, age of living trees, parameters of tree-ring chronologies, landscape typology of tree-ring chronologies

**Acknowledgments:** the work was carried out according to the state task No. 121041600045-8, the project “Western Siberia in the Context of Eurasian Relations: Man, Nature, Society”.

**For citation:** Arefyev S. P., Zakh V. A. Comparative Analysis of the Ring Chronologies of Modern and Archaeological Wood from the Tobol-Ishim Interfluvium and the Prospects for Construction of Regional Dendroarchaeological Scales. *Teoriya i praktika arheologicheskikh issledovanij = Theory and Practice of Archaeological Research*. 2022;34(2):147–171. (In Russ.). [https://doi.org/10.14258/tpai\(2022\)34\(2\).-09](https://doi.org/10.14258/tpai(2022)34(2).-09).

## **В**ведение

Тоболо-Ишимский регион на протяжении ранних этапов истории был местом формирования и контакта различных культур, а впоследствии являлся форпостом (Тюмень, Тобольск) российского освоения Сибири. За этот длительный период (с каменного века вплоть до новейшего времени) население оставило многочисленные свидетельства своего пребывания здесь в виде остатков поселений, городищ и могильников. Как показывают полевые исследования насыпей курганов, валов городищ, первых русских острогов и городов (Тюмень, Тобольск), многие из них содержат археологическую древесину (Матвеев и др., 2008; Данилов, 2017; Матвеева и др., 2018; Зах, Арефьев, 2018). Внимание к ней в последние годы заметно возрастает, и прежде всего потому, что исследование такой древесины создает уникальную возможность наиболее точной (до года и даже сезона) датировки археологических памятников и их частей, недоступную при использовании других естественно-научных методов (Черных, 1996; Мыглан, 2012).

Инструментом таких датировок являются дендрохронологические шкалы, создаваемые обычно методом перекрестной датировки на базе археологической, архитектурной и современной растущей древесины; последняя при этом обеспечивает уверенную календарную привязку всей полученной шкалы. Крупными достижениями в этом плане стали созданные в последние годы региональные дендрохронологические шкалы по историческому комплексу г. Тары («Тара», 546 лет) в подтаежном Прииртышье (Сидорова, Жарников, Мыглан, 2016; Сидорова, Жарников, Доржу и др., 2017а; Сидорова, Жарников, Майничева и др., 2017б; Сидорова и др., 2019) и п. Горноправдинск («Gor\_rin», 398 лет) в среднетаежной части Прииртышья (Сидорова и др., 2015), обе по сосне обыкновенной — основной археологической и строительной древесине региона. В открытом доступе шкалы не представлены.

С накоплением археологической древесины в Тоболо-Ишимском регионе, в частности в Нижнем Притоболье, происходящей из комплексов XVI–XVIII вв. на территории гг. Тобольска, Тюмени и Кургана, исследователи столкнутся с выбором наиболее адекватной из упомянутых шкал для датировки памятников, либо возникнет необходимость создания иной, новой шкалы.

В географическом плане первая из вышеуказанных шкал принадлежит к той же пограничной полосе между тайгой и степью, что в рассматриваемом регионе занимает наиболее заселенное пространство от Тобольска на севере до Тюмени и Ишима на юге. Но расстояние от Тобольска до Тары (около 400 км) значительно больше, чем до Тюмени и Ишима. Вторая шкала локализуется в 230 км севернее Тобольска и относится к среднетаежной подзоне, существенно отличающейся от Тоболо-Ишимского междуречья по своим природным условиям. В силу этого пригодность имеющихся дендрохронологических шкал для датировки памятников из Нижнего Притоболья не очевидна и требует проверки.

С целью обоснования необходимости и возможности создания региональной дендрохронологической шкалы для Нижнего Притоболья и ее использования при хронологических построениях был проведен сравнительный анализ имеющихся ныне древесно-кольцевых хронологий (ДКХ) по археологической и современной древесине региона. Для анализа привлечены ДКХ сосны из памятника Царев курган, датирующего

ся эпохой раннего железа (Зах, Арефьев, 2018) и расположенного в пределах г. Кургана, а также частокола из Тобольского посада. ДКХ на основе современной древесины происходят из наиболее старых сосновых лесов и посадок Тоболо-Ишимского междуречья. Ввиду отсутствия в настоящее время представительных серий ДКХ по археологической и архитектурной древесине региона рассмотрены, главным образом, возможности использования современной древесины (XIX–XXI вв.), как необходимой составляющей для создания региональной дендрохронологической шкалы.

ДКХ по современной древесине сосны обыкновенной в Тоболо-Ишимском регионе до недавнего времени были изучены крайне слабо. Л.И. Агафоновым (2011) проанализированы ДКХ сосны из притобольских островных боров (Курганская обл. у границы с Казахстаном), а также ДКХ осокоря и ветлы из поймы р. Тура (Свердловская обл.). В Тюменском районе проанализированы хронологии сосны (1819–2017 гг.) с побережья оз. Андреевское с целью реконструкции его уровня (Арефьев, Зах, 2017; Антонюк, Арефьев, 2019); имеется опыт использования сосны для реконструкции эколого-климатических условий г. Тюмени (1787–2018 гг.) (Арефьев, Антонюк, 2020). Ранее были проведены дендрохронологические исследования сосны сибирской (кедра) вдоль южной границы таежной зоны по линии Нижняя Тавда — Ярково — Тобольск — Вагай — Тевриз (Арефьев, 1997, 2009). Они показали, что синхронность и корреляция между ДКХ кедра с различных тест-полигонов вдоль этой линии изменяются в очень широких пределах. Так, на расстоянии между тест-полигонами в 100 км корреляция (коэффициент Пирсона) между рядами индексов ширины колец составляла от  $-0,10$  до  $0,80$ , при этом корреляция между рядами коэффициентов чувствительности (высокочастотные погодичные колебания ширины колец) была выше, от  $0,35$  до  $0,85$ . Высокая изменчивость уровня корреляции между локальными ДКХ кедра объясняется существенными почвенно-типологическими различиями местопроизрастаний кедра, а также нарастанием погодно-климатических различий условий роста древостоев с увеличением расстояния между ними: в среднем коэффициент корреляции уменьшался на  $0,11$  на каждые 100 км.

Цель настоящей работы — оценить возможности использования имеющихся региональных дендрохронологических шкал «Тара» и «Gor\_pin» (Тара, Горноправдинск) для датировки археологической и архитектурной древесины памятников Тоболо-Ишимского региона, а также перспективы построения собственной региональной дендрохронологической шкалы Нижнего Притоболья (в пределах Тюменской области) с учетом ландшафтной типологии ДКХ сосны обыкновенной и расстояния применимости шкалы.

### **Материалы и методы**

Для анализа использовано 29 обобщенных локальных ДКХ растущих деревьев сосны обыкновенной, отобранных на территории Тобольского (3 ДКХ), Ярковского (2), Нижнетавдинского (3), Тюменского (14), Викуловского (1), Аромашевского (1), Заводоуковского (3) и Ишимского (2) административных районов Тюменской области (табл. 1).

Таблица 1

Tab. 1

## Эколого-географическая характеристика дендрохронологических тест-полигонов

## Ecological and geographical characteristics of dendrochronological test sites

№	Обозначение*	Координаты	Район	Пункт	Положение	Почва	Тип леса**	Бонитет	Примечание
1	ТБ_Поч_Б	58°22'14.9"N 68°33'03.6"E	Тобольский	д. Почекунина	Плакор, равнина	Торф	С Багульниковый	V	Заболоченный
2	ТБ_Поч_С	58°22'36.0"N 68°32'52.5"E	Тобольский	д. Почекунина	Плакор, равнина	Суглинок	СЕБос Травяно-зелено-мошный	II	
3	ТБ_Поч_СК	58°22'17.7"N 68°33'06.7"E	Тобольский	д. Почекунина	Склон оврага р. Комаринская	Суглинок	СБЕ Травяной	I	
4	Я_Бор_С	57°22'18.8"N 67°10'30.2"E	Ярковский	д. Бор	Надпойменная терраса	Песок	С Лишайниково-зелено-мошный	III	
5	Я_ЮБ_Д	57°11'18.7"N 66°59'25.5"E	Ярковский	д. Юртобор	Долина р. Тобол	Супесь	С Травяной	IV	Отдельно стоящие сосны
6	В_Тюл_СК	56°41'00.4"N 70°40'42.5"E	Викуловский	д. Тюлешов Бор	Крайевой водораздел р. Ишим	Супесь	С Зеленомошный	I	
7	А_Анг_С	57°08'22.1"N 69°10'38.0"E	Аромашевский	д. Ангарка	Плакор, равнина	Суглинок	БОСс Травяно-зелено-мошный	II	
8	Н_Куч_С	57°20'41.1"N 66°02'59.7"E	Нижне-тавдинский	п. Кучак	Плакор, равнина волнистая	Супесь	СБ Зеленомошно-ягодниковый	II	
9	Н_Шай_БД	57°24'03.4"N 65°13'40.9"E	Нижне-тавдинский	оз. Шайтанское	Низкая долина озера	Торф	БС Травяно-болотный	IV	Заболоченный
10	Н_Кар_Б	57°24'50.9"N 65°42'34.9"E	Нижне-тавдинский	д. Караганда	Равнина	Торф	С Кустарничково-сфагновый	Va	Заболоченный
11	Т_Мул_Б	57°01'37"N 66°02'38"E	Тюменский	с. Муллаши	Терраса р. Пышма	Торф	СБ Осоково-сфагновый	Va	Редина, низовые пожары
12	Т_Мул_СБ	57°01'57"N 66°02'28"E	Тюменский	с. Муллаши	Терраса р. Пышма	Супесь	СБ Мшисто-лишайниковый	III	У края болота
13	Т_Лоб_БД	57°00'39.3"N 65°35'00.5"E	Тюменский	оз. Лебяжье	Терраса р. Пышма, у озера	Торф, песок	С Кустарничково-сфагновый	V	Заболоченный
14	Т_Анд_Д1	57°02'02"N 65°47'53"E	Тюменский	оз. Андреевское	Низкая долина озера	Песок	С Травяной	IV	Отдельно стоящие сосны

продолжение таблицы

15	T_Анд_Д2	57°02'59"N 65°48'02"E	Тюменский	оз. Андреевское	Край террасы приозерной	Песок	С Травяно-зеленомошный	IV	Кладбище
16	T_Анд_Д3	57°02'54"N 65°51'28"E	Тюменский	оз. Андреевское	Терраса р. Пышмы, гряды у озера	Песок	СБ Травяно-лишайниковый	IV	Редкостойный
17	T_Вер_С	57°13'34.3"N 65°28'30.3"E	Тюменский	п. Верхний Бор	Плакор, равнина	Супесь	СБос Травяно-зеленомошный	II	
18	T_Кул_С	57°13'20.8"N 65°03'28.7"E	Тюменский	д. Кулига	Плакор, равнина	Суглинок	СБос Травяно-зеленомошный	II	
19	T_Уша_С	57°04'56.5"N 65°12'03.4"E	Тюменский	д. Ушакова	Плакор, равнина	Чернозем, глина	БС Травяный	III	У автодороги
20	T_Мет_СГ	57°12'47.0"N 65°25'22.9"E	Тюменский	п. Метелёво (г. Тюмень)	Плакор, равнина волнующая	Чернозем, глина	Б ед. С Травяный	IV	Был подъем грунтовых вод
21	T_Тек_СГ	57°08'21.1"N 65°33'50.3"E	Тюменский	кл. Текутьевское (г. Тюмень)	Плакор, равнина	Чернозем, глина	Посадки ТП-пЕ едС Травяный антропогенный	IV	Был подъем грунтовых вод
22	T_Оло_СГ	57°10'04.1"N 65°26'56.2"E	Тюменский	Оловянная парковка парк (г. Тюмень)	Плакор, равнина	Чернозем, глина	Посадки ТПСЕ Травяный антропогенный	III	Был подъем грунтовых вод
23	T_Гил_СК	57°07'40.3"N 65°38'07.2"E	Тюменский	п. Гилёво (г. Тюмень)	Краевой водораздел р. Тура	Суглинок	СБ Травяный	II	
24	T_Гне_СК	56°56'12"N 65°31'12"E	Тюменский	ПРК «Гнездо»	Край надпойменной террасы	Супесь	СБ Травяный антропогенный	III	Отдельно стоящие сосны
25	3_Тум_СК	56°37'39.4"N 66°36'55.7"E	Заводо-уковский	с. Тумашово	Склон оврага	Суглинок	СБос Травяный	I	
26	3_Тум_С	56°38'10.2"N 66°37'21.2"E	Заводо-уковский	с. Тумашово	Плакор, равнина	Суглинок	СБос Травяно-зеленомошный	II	
27	3_Инг_Д	56°27'02.6"N 66°08'56.4"E	Заводо-уковский	с. Ингалинское	Нижняя надпойменная терраса	Супесь	СБос Травяный	II	
28	И_Син_Д	55.59'27.7"N 69.27'30.2"E	Ишимский	д. Синцино	Нижняя надпойменная терраса	Супесь	С Травяный	III	Отдельно стоящие сосны
29	И_Син_С	56.01'59.6"N 69.30'10.0"E	Ишимский	д. Синцино	Верхняя надпойменная терраса	Суглинок	С Травяный	II	Редкостойный

Сокращенно: Район\_Пункт\_Почвенно-гидрологический режим (С — суходол, К — краевой водораздел, Д — долина, Б — болото, Г — город).

\*\* Состав древостоя: С — сосна, Е — ель, Б — береза, Ос — осина, Лп — липа, Тп — тополь.

Первый район (окрестности д. Почекунина в 25 км на северо-восток от Тобольска) находится на южной границе таежной зоны, два последних — в лесостепной зоне, остальные — в пределах подтайги. Представлен основной биотопический спектр сосны в регионе от высокопроизводительных древостоев I класса бонитета, растущих на дренированных гумусных почвах, до древостоев, растущих на бедных песках и заболоченных древостоев Va бонитета. Дифференцированы равнинные суходольные краевые (по границам плакоров и долин) и долинные (у рек и озер), болотные биотопы, а также городские биотопы, характеризующиеся более мягким микроклиматом и периодическим подтоплением грунтовыми водами. Кроме сомкнутых древостоев представлены редкостойные и отдельно стоящие сосны. Практически на всех участках в той или иной степени отмечены признаки былых низовых пожаров, очень характерных для сосняков региона. Рассмотрены также кольцевые хронологии сосновых бревен из раскопок частокола Тобольского посада (Матвеев и др., 2008) и археологической древесины Царева кургана (Зах, Арефьев, 2018).

Поскольку территория в дендрохронологическом отношении слабо изучена, а работа ориентирована на дендроархеологию, где число образцов древесины может быть предельно малым и каждый образец может представлять уникальную ценность для датировки памятника, были взяты все имеющиеся материалы по сосне, в т.ч. нестандартные по количеству образцов, но не лишние в общем контексте. Число взятых с каждого участка деревьев составляло от одного (3 радиуса) до 21 (46 радиусов). Всего взято 484 радиуса с 220 деревьев. Образцы древесины отбирали буровом Пресслера. Обычно каждое дерево бурили по одному диаметру с получением двух радиусов (кernов), при малом числе деревьев ствол бурили по двум перпендикулярным диаметрам на разной высоте, получая четыре радиуса с одного дерева. В подтаежной зоне Западной Сибири, где годичный прирост деревьев на участке, как правило, не сильно зависит от общих для них климатических факторов и подвержен сильной индивидуальной изменчивости, отбор двух и более радиусов с дерева часто является важнейшим условием проведения верной перекрестной датировки, а также позволяет определить значимые статистические показатели даже по единичным деревьям. Как правило, kernы отбирали с крупных доминирующих деревьев возрастом не менее 100 лет без существенных аномалий развития на ровных участках ствола на высоте 0,5–1,3 м (Шиятов и др., 2000). Материал отобран в период с 1997 по 2020 г.

После зачистки поверхности kernов лезвием и контрастирования ее зубным порошком ширину годичных колец на них измеряли под микроскопом (увеличение 8×4). Полученные по радиусам ряды проверяли перекрестной датировкой, сначала радиусы одного дерева, затем — разных деревьев. Хорошими реперами были, например, узкие кольца 1952 и 1955 гг., образовавшиеся вследствие повреждения хвои энтомофагами. Для получения сопоставимых рядов, необходимых для корректного обобщения индивидуальных ДКХ, по каждому радиусу рассчитывали ряды соотношений ширины смежных колец, т.е., по сути, ряды центрированных коэффициентов чувствительности  $k$  (изменяются в пределах от  $-1$  до  $+1$ ), не содержащих явной возрастной составляющей (Арефьев и др., 2017):

$$k_t = \frac{(w_t - w_{t-1})}{(w_t + w_{t-1})}, \quad (1)$$

где  $w$  — ширина кольца,  $t$  — год. Далее расчетом средних арифметических проводили обобщение рядов чувствительности  $K$  по участкам; обобщенные ряды кумулировали (С):

$$C_1 = K_2, C_2 = C_1 + K_2 \dots C_t = C_{t-1} + K_t, (2)$$

затем восстанавливали обобщенный ряд относительной ширины колец без концевых искажений:

$$\hat{W}_t = 10^{C_t}. (3)$$

Стандартизацию (индексацию) ряда ширины колец проводили методом двойного экспоненциального сплайна (Cook, Peters, 1981; Methods of Dendrochronology, 1990; Арефьев и др., 2017):

$$E_1 \frac{(\hat{W}_0 + \hat{W}_1)}{2} \dots E_t = \frac{(E_t + \hat{W}_{t+1})}{2}, \hat{W}_0 = \hat{W}_1; (4)$$

$$D_{T+1} = \frac{(E_{T+1} + E_T)}{2} \dots D_t = \frac{(D_t + E_{t-1})}{2}, D_{T+1} = D_T; (5)$$

$$I_t = \frac{\hat{W}_t}{D_t}, (6)$$

где  $E$  — одинарный сплайн,  $D$  — двойной сплайн,  $T$  — конечный год.

Для оценки тесноты связи между рядами использовали парный коэффициент корреляции Пирсона  $r$ , рассчитывали средний коэффициент корреляции  $R$  на уровнях индивидуальном (по радиусам одного дерева) и популяционном (межсерийный — по радиусам разных деревьев). Для оценки качества обобщенных хронологий рассчитывали также единый популяционный сигнал EPS, используемый в дендроклиматологии (Wigley, Briffa, Jones, 1984):

$$EPS = \frac{RN}{RN + (1 - RN)}, (7)$$

в одном варианте в качестве  $N$  брали число деревьев, в другом — число радиусов с разных деревьев.

Расчеты делали в таблицах MS EXCEL. Кластерный и факторный анализ проводили в пакете STATISTICA.

### **Результаты и обсуждение**

Основные характеристики кольцевых хронологий даны в таблице 2.

Таблица 2

Tab. 2

## Количественные показатели\* ДКХ сосны

## Quantitative indicators\* of tree-ring chronologies of common pine

Кольцевая хронология	Годы	Число образцов		По всей хронологии				Стационарный отрезок с 1970 г.				
		Деревьев	радиусов	Wmax, мм	KD	KDmin	KDmax	W, мм	Vw	KD	KDmin	KDmax
ТБ_Поч_Б	1803-2018	1	3	1,3	0,22	0,21	0,23	0,36	0,31	0,23	0,22	0,25
ТБ_Поч_СК	1820-2018	4	8	3,6	0,22	0,13	0,25	1,40	0,26	0,20	0,13	0,26
ТБ_Поч_С	1881-2018	6	10	3,1	0,21	0,17	0,25	1,84	0,40	0,21	0,18	0,24
Я_Бор_С	1834-2003	1	3	4,5	0,25	0,24	0,27	0,42	0,68	0,24	0,20	0,30
Я_Юрт_Д	1864-2017	6	6	6,9	0,30	0,24	0,43	0,74	0,56	0,36	0,25	0,59
В_Тюп_СК	1882-1996	10	20	4,2	0,21	0,14	0,26	1,94	0,43	0,19	0,15	0,24
А_Анг_С	1890-2018	1	4	4,5	0,19	0,18	0,22	1,90	0,30	0,19	0,17	0,23
Н_Куч_С	1880-2018	21	46	3,4	0,21	0,16	0,23	1,83	0,43	0,20	0,14	0,28
Н_Шай_БД	1854-2001	7	14	4,9	0,32	0,25	0,43	0,99	0,57	0,29	0,22	0,43
Н_Кар_Б	1777-2001	9	18	1,1	0,31	0,25	0,47	0,36	0,64	0,32	0,22	0,60
Т_Мул_Б	1875-2017	9	28	2,3	0,48	0,39	0,66	0,68	0,85	0,55	0,43	0,83
Т_Мул_СБ	1876-2017	9	16	4,0	0,26	0,20	0,29	0,96	0,39	0,24	0,19	0,31
Т_Леб_БД	1856-2019	12	24	2,4	0,27	0,20	0,43	0,52	0,56	0,27	0,18	0,47
Т_Анд_Д1	1842-2017	6	14	7,8	0,36	0,24	0,49	0,83	0,68	0,41	0,24	0,58
Т_Анд_Д2	1821-2017	12	24	6,3	0,42	0,36	0,52	0,61	0,67	0,41	0,28	0,59
Т_Анд_Д3	1872-2017	11	19	5,6	0,34	0,23	0,40	1,25	0,54	0,29	0,24	0,38
Т_Вер_С	1906-2018	10	19	7,8	0,23	0,16	0,33	1,28	0,67	0,24	0,16	0,40
Т_Кул_С	1865-2019	12	24	5,0	0,25	0,18	0,32	1,46	0,48	0,20	0,14	0,35
Т_Уша_С	1862-2014	3	6	5,4	0,25	0,23	0,27	1,21	0,35	0,26	0,22	0,29
Т_Мет_СГ	1786-2019	1	19	4,9	0,30	0,25	0,43	0,56	0,57	0,40	0,27	0,72

продолжение таблицы

Кольцевая хронология	Годы	Число образцов		По всей хронологии				Стационарный отрезок с 1970 г.				
		деревьев	радиусов	Wmax, мм	KD	KDmin	KDmax	W, мм	Vw	KD	KDmin	KDmax
T_Тек_СГ	1891–2018	9	45	5,7	0,47	0,26	0,55	0,65	0,92	0,47	0,20	0,69
T_Оло_СГ	1881–2019	10	20	4,3	0,27	0,20	0,34	0,86	0,67	0,29	0,19	0,42
T_Гил_С	1860–2018	10	20	4,3	0,23	0,19	0,26	0,94	0,54	0,24	0,19	0,30
T_Гне_СК	1866–2016	7	11	6,7	0,26	0,19	0,34	1,42	0,45	0,26	0,19	0,35
3_Тум_СК	1808–2019	2	4	3,0	0,21	0,17	0,22	1,08	0,38	0,18	0,16	0,22
3_Тум_С	1798–2019	8	17	2,3	0,24	0,20	0,34	0,86	0,49	0,23	0,17	0,32
3_Инг_Д	1869–1998	12	22	4,9	0,27	0,20	0,33	1,94	0,42	0,24	0,18	0,31
И_Син_Д	1903–2019	6	9	8,2	0,26	0,19	0,29	1,98	0,57	0,27	0,19	0,30
И_Син_С	1901–2019	6	11	7,0	0,21	0,14	0,37	2,48	0,45	0,22	0,12	0,37
«Царев курган»	–	6	6	4,5	0,23	0,17	0,29	0,76	0,34	0,22	0,18	0,29
Тобольск, посад	–	1	2	4,7	0,22	0,22	0,22	0,56	–	0,24	0,21	0,25

W — ширина колец, Vw — коэффициент вариации ширины синхронных колец, KD — коэффициент чувствительности по Дугласу.

Средняя продолжительность рассматриваемых хронологий на момент отбора составила 160 лет (в среднем с 1856 г.), минимальная — 112 лет (1907–2018 гг.), максимальные — 224 г. (1777–2001 гг., верховой торфяник у д. Караганды Нижнетавдинского района) и 233 г. (1786–2019 гг., черноземный участок у п. Метелёво близ Тюмени). Бревна частокола Тобольского посада имели возраст около 100 лет, фрагменты древесины Царева кургана насчитывали до 151 кольца (в целом хронология — 153 года). Растущие деревья сосны старше 200 лет на рассматриваемой территории встречаются редко, их можно найти в малопродуктивных неэксплуатируемых древостоях на торфяниках, а также на старых кладбищах, единичные старые деревья сохраняются в населенных пунктах или вблизи них. В сомкнутых древостоях подтаежной зоны региона большинство деревьев погибло в результате тотальной «лесопатологической катастрофы», произошедшей на рубеже 1860–1870-х гг., сопровождавшейся крупнейшими пожарами, последствия которых описаны И.С. Поляковым при путешествии в 1876 г. из Тюмени в Тобольск и далее на Обской север (Поляков, 1877). Пережившие ее деревья в эти годы образовали узкие патологические кольца из-за поражения энтомофагами.

Средняя абсолютная ширина колец зависит от возраста деревьев. Максимальная ширина колец (6–8 мм), приходившаяся на стадию молодняка, отмечена у отдельно стоящих деревьев и в редкостоях, произрастающих в речных и озерных долинах, в частности у Синицинского бора, Андреевского озера, д. Юртобор (И\_Син\_Д, Т\_Анд\_Д1, Я\_Юрт\_Д). Сомкнутые сосняки IV и выше классов бонитета, древесина из которых обычно используется в строительстве, имеют максимальный прирост 3–5 мм, неэксплуатируемые заболоченные сосняки — 1–2 мм. Максимальная ширина колец сосны из частокола Тобольского посада и Царева кургана составляет 4,7 и 4,5 мм соответственно.

Средняя ширина колец растущих ныне деревьев в стационарной физиологической фазе роста (с 1970 г.), характеризующейся минимизацией возрастного тренда и тренда автокорреляций (Гавриков, 2013), на разных участках составила от 0,36 до 2,48 мм. Наибольших значений, свыше 1,5 мм, она достигает в редкостоях (И\_Син\_С) и в первые десятилетия после выборочной рубки древостоев (ТБ\_Поч\_С и др.). Наименьшая ширина колец (порядка 0,5 мм и менее) с 1970 г. наблюдается на верховых торфяниках и в сравнительно старых сосняках (свыше 170 лет), произрастающих на песках (Я\_Бор\_Д). Средняя ширина колец стационарной фазы у древесины частокола Тобольского посада и Царева кургана составляет 0,56 и 0,76 мм.

Высокий коэффициент вариации ширины синхронных колец свидетельствует о неустойчивой структуре древостоя, возникающей при вырубке части деревьев или их гибели по другим причинам; при этом сохранившиеся деревья, не адаптированные к возникшим ветровым нагрузкам, могут быть сломлены или вывалены ветром. В период восстановления устойчивой структуры древостоя с противоположной механической нагрузке стороны стволов образуются аномально широкие кольца креновой древесины. В период с 1970 г. максимальная вариация ширины колец (0,92) наблюдается у сосны, растущей в антропогенных условиях на Текутьевском кладбище г. Тюмени (Т\_Тек\_СГ), а также в заболоченном редкостойном сосняке в окрестностях Тюмени, испытывавшем частые низовые пожары (Т\_Мул\_Б; 0,85). При таких пожарах высокая вариация ширины годичного кольца отмечается даже на уровне одного дерева (0,68 по раз-

ным радиусам дерева для Я\_Бор\_С). После нарушений структурный баланс в древо-стое восстанавливается в течение ряда лет, и в устойчивом состоянии вариация ширины колец обычно составляет порядка 0,5 и ниже. Коэффициент вариации ширины синхронных колец стационарной фазы древесины Царева кургана (за последний 50-летний стационарный период обобщенной хронологии) составляет 0,34. Вероятно, невысок он и у древесины частокола Тобольского посада (0,20 по радиусам одного дерева).

Одним из критериев пригодности ДКХ для анализа является коэффициент чувствительности по Дугласу, изменяющийся в пределах от 0 до 1. Считается, что хорошей чувствительностью характеризуются ДКХ со средним коэффициентом выше 0,3 (Ferguson, 1969; Шиятов, 1986). По этому критерию чувствительными являются только девять из 29 (31%) рассматриваемых ДКХ сосны, а на промежутке с кольцами стационарной фазы — восемь (28%). К таким несомненно чувствительным относятся ДКХ с торфяников (Т\_Мул\_Б, Н\_Кар\_Б, Н\_Шай\_БД), из некоторых долин (Я\_Юрт\_Д, побережье оз. Андреевское), а также ДКХ с черноземных почв из центра г. Тюмени и п. Метелёво (Т\_Тек\_СГ и Т\_Мет\_СГ). В целом отмечается уменьшение уровня чувствительности ДКХ с увеличением производительности древостоя, с 0,48–0,55 для IV–Va классов бонитета до 0,18–0,19 для I–II классов. При этом отдельные радиусы с высокой чувствительностью отмечаются на 17 из 29 участков (в период с 1970 г. на 21 участке из 29); почти на всех участках, кроме Т\_Мул\_Б, отмечаются отдельные радиусы с низкой чувствительностью <0,3. Средняя чувствительность хронологий частокола Тобольского посада и Царева кургана низкая (0,22 и 0,23 соответственно). Однако, как показывает практика (Арефьев, Антонюк, 2020; Филатова, 2021), такая и даже более низкая чувствительность не является препятствием для построения достоверных кольцевых хронологий региона и их анализа. На общем фоне высокой изменчивости ширины синхронных колец всегда находятся маркерные кольца, отличающиеся не только аномальной шириной, но и различными качественными аномалиями их развития.

Важнейшим показателем, определяющим возможность перекрестной датировки ДКХ, является коэффициент корреляции. Выделяется низкий (0,3–0,5), средний (0,5–0,7), высокий (от 0,7–0,9), очень высокий (более 0,9) уровень корреляции; для длительных хронологий достоверны даже очень низкие коэффициенты корреляции (критический уровень коэффициента для 100 лет — 0,20, для 200 — 0,14 и т.д.) (Лакин, 1990). В таблице 3 рассчитаны корреляции с 1907 г. между рядами центрированных коэффициентов чувствительности К, которые обычно несколько выше, чем между рядами индексированной ширины колец (Арефьев, 2009). На индивидуальном уровне (между рядами с отдельных радиусов одного дерева) средний коэффициент корреляции на разных участках составляет от 0,50 до 0,82, максимальный — от 0,54 до 0,96, минимальный — от 0,14 до 0,71. Т.е. изменчивость ширины синхронных колец сосны даже в пределах одного дерева может быть очень высокой, она возрастает с бонитетом древостоя и толщиной стволов (особенно у старых толстых деревьев в редкостойных древостоях). Это иногда затрудняет перекрестную датировку даже на индивидуальном уровне, но именно с этого уровня в условиях региона ее надо начинать.

Таблица 3

## Корреляции и популяционный сигнал EPS ДКХ сосны

Tab. 3

## Correlations and population signal EPS of tree-ring chronologies of common pine

Древесно-кольцевые хронологии	Индивидуальный уровень			Популяционный уровень				
	Коэфф. корреляции			Коэфф. корреляции			EPS	
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	по числу деревьев	по числу радиусов
ТБ_Поч_Б	0,55	0,63	0,39	–	–	–	–	–
ТБ_Поч_СК	0,70	0,79	0,52	0,44	0,60	0,19	0,76	0,86
ТБ_Поч_С	0,73	0,81	0,63	0,21	0,42	–0,05	0,62	0,73
Я_Бор_С	0,50	0,54	0,46	–	–	–	–	–
Я_Юрт_Д	–	–	–	0,40	0,65	0,20	0,80	0,80
В_Тюл_СК	0,56	0,69	0,38	0,35	0,64	–0,05	0,84	0,91
А_Анг_С	0,71	0,73	0,68	–	–	–	–	–
Н_Куч_С	0,52	0,83	0,26	0,26	0,79	–0,16	0,89	0,95
Н_Шай_БД	0,65	0,82	0,21	0,40	0,76	0,06	0,82	0,90
Н_Кар_Б	0,70	0,85	0,55	0,43	0,90	0,14	0,86	0,93
Т_Мул_Б	0,82	0,96	0,63	0,56	0,85	0,10	0,92	0,97
Т_Мул_СБ	0,73	0,84	0,59	0,47	0,73	0,21	0,89	0,94
Т_Леб_БД	0,62	0,85	0,43	0,37	0,67	0,04	0,88	0,93
Т_Анд_Д1	0,75	0,89	0,40	0,48	0,79	0,10	0,85	0,93
Т_Анд_Д2	0,78	0,96	0,54	0,53	0,79	0,19	0,93	0,96
Т_Анд_Д3	0,71	0,85	0,59	0,52	0,73	0,30	0,92	0,95
Т_Вер_С	0,68	0,78	0,57	0,37	0,54	0,05	0,85	0,92
Т_Кул_С	0,63	0,88	0,37	0,41	0,77	0,12	0,89	0,94
Т_Уша_С	0,67	0,80	0,55	0,48	0,54	0,34	0,73	0,85
Т_Мет_СГ	0,53	0,87	0,14	–	–	–	–	–
Т_Тек_СГ	0,71	0,88	0,29	0,41	0,89	0,01	0,86	0,97
Т_Оло_СГ	0,58	0,75	0,40	0,39	0,77	0,15	0,87	0,93
Т_Гил_С	0,65	0,84	0,36	0,38	0,69	0,11	0,86	0,93
Т_Гне_СК	0,64	0,71	0,47	0,43	0,59	0,18	0,84	0,89
З_Тум_СК	0,53	0,59	0,47	0,42	0,57	0,29	0,59	0,78
З_Тум_С	0,61	0,80	0,53	0,32	0,54	0,02	0,79	0,89
З_Инг_Д	0,66	0,76	0,56	0,31	0,74	–0,15	0,85	0,91
И_Син_Д	0,77	0,88	0,71	0,35	0,56	0,09	0,76	0,83
И_Син_С	0,71	0,93	0,38	0,34	0,59	0,06	0,75	0,85
Царев курган	–	–	–	0,32	0,75	–0,01	0,74	–
Тобольск, посад	0,78	–	–	–	–	–	–	–

На популяционном уровне (между хронологиями отдельных радиусов разных деревьев на участке) средний коэффициент корреляции на большинстве участков примерно на 0,25 ниже, чем на индивидуальном уровне; он составляет от 0,21 до 0,56, максимальный — от 0,42 до 0,90, минимальный составляет от -0,16 до 0,34. Наибольшие показатели корреляции на популяционном уровне также зафиксированы для древостоев низкого бонитета (Т\_Мул\_Б), наименьшие — для высокопроизводительных сосняков (ТБ\_Поч\_С и др.). Для ствола из частокола Тобольского посадка корреляция ДКХ с отдельными его радиусов сравнительно велика (0,78). Для ДКХ из Царева кургана на популяционном уровне средний (межсерийный) коэффициент корреляции составляет 0,32, максимальный парный коэффициент корреляции достигает 0,75, минимальный составляет -0,01, что соответствует региональным показателям современной древесины сосны.

Критерию популяционного сигнала ( $EPS \geq 0,85$ ), зависящему не только от межсерийного коэффициента корреляции, но и от числа деревьев, не соответствуют 13 локальных ДКХ — те, которые представлены малым числом стволов. Однако если при том же межсерийном коэффициенте корреляции EPS рассчитывать по числу радиусов, то не соответствуют данному критерию только семь ДКХ из 29; три из них представлены единичным деревом (для них EPS не рассчитывается), четыре принадлежат к самым производительным древостоям региона (ТБ\_Поч\_С и др.). При этом ДКХ по единичному дереву Т\_Мет\_СГ, представленная 19 радиусами, показала высокие корреляции с рядом климатических показателей, сходные с корреляциями, полученными для репрезентативных по числу деревьев ДКХ в аналогичных условиях (Арефьев, Антонюк, 2020).

Корреляция на межпопуляционном уровне (между обобщенными хронологиями с разных участков) рассчитана для рядов чувствительности К и рядов индексированной экспоненциальным сплайном ширины колец (ИЭС) (табл. 4).

Еще раз напомним, что возрастной тренд в этих рядах отсутствует. В обоих вариантах коэффициенты корреляции близки, для К они чаще на несколько сотых выше. Коэффициент корреляции между ИЭС с разных участков составляет от -0,16 (ТБ\_Поч\_Б : Т\_Анд\_Д2) до 0,73 (Т\_Анд\_Д1 : Т\_Анд\_Д2). В целом максимальный уровень корреляции отмечается между ДКХ со смежных участков, представляющих градации одного биотопа (например, разные уровни долины озера), минимальный — между ДКХ с наиболее удаленных и типологически разных участков.

Можно отметить, что для ДКХ из окрестностей Тобольска, даже близких географически и типологически (урочище Комаринское у д. Почекунина), корреляция едва достигает среднего уровня (0,55–0,57), а сходство тобольских ДКХ с заболоченного и смежных суходольных участков низкое или очень низкое (0,28–0,40). Для суходольных тобольских ДКХ невысокое сходство отмечается и с ДКХ ближайшего однотипного участка в Викуловском районе (0,43–0,45), еще ниже уровень их корреляции с более удаленными ДКХ из однотипных суходольных условий Заводоуковского (0,33–0,42) и Тюменского (0,36–0,38) районов. Корреляции болотной тобольской ДКХ ТБ\_Поч\_Б с болотными ДКХ Нижетавдинского и Тюменского районов отрицательные (до -0,16).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между рядами ИЭС (верхний угол)  
и рядами чувствительности К (нижний угол);

синий шрифт: -0,29 ... -0,00; желтый: 0,00 ... 0,29; коричневый: 0,30 ... 0,49;

красный: 0,50 ... 0,69; бордовый от 0,70)

Tab. 4

Correlation coefficients between the rows of exponential spline indices (upper corner)  
and sensitivity rows K (lower corner);

blue font: -0.29... -0.00; green: 0.00 ... 0.29; brown: 0.30 ... 0.49; red: 0.50 ... 0.69; burgundy from 0.70)

Ряд	№ ряда																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	24	26	27	28	29
1. ТБ_Поч_Б	1,0	0,3	0,4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	-0,1	0,0	0,2	
2. ТБ_Поч_С	0,4	1,0	0,6	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,4	0,3	0,4	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	
3. ТБ_Поч_СК	0,2	0,5	1,0	0,2	0,1	0,4	0,2	0,3	-0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	-0,1	0,3	0,3	0,4	0,3	0,1	0,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,0	0,3
4. Я_Бор_С	0,1	0,2	0,2	1,0	0,3	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	
5. Я_Юрт_Д	0,0	0,0	0,2	0,3	1,0	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	
6. В_Тюл_СК	0,1	0,4	0,4	0,3	0,4	1,0	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
7. А_Анг_С	0,0	0,2	0,2	0,0	0,3	0,4	1,0	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3	
8. Н_Куч_С	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	1,0	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4
9. Н_Шай_БД	-0,1	-0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,0	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
10. Н_Кар_Б	-0,1	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,2	1,0	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1
11. Т_Мул_Б	-0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,4	1,0	0,3	0,4	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,0	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4
12. Т_Мул_СБ	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,4	1,0	0,6	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2
13. Т_Леб_БД	-0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,2	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	1,0	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
14. Т_Анд_Д1	0,0	0,1	0,3	0,2	0,6	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	1,0	0,7	0,5	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3
15. Т_Анд_Д2	-0,1	-0,1	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,6	1,0	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,5	0,1
16. Т_Анд_Д3	0,1	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,3	0,5	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	1,0	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4

продолжение таблицы

Ряд	№ ряда																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	
17. Т_Вер_С	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	1,0	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3
18. Т_Кул_С	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	1,0	0,6	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2
19. Т_Уша_С	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5	1,0	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2
20. Т_Мет_СГ	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,4	1,0	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	
21. Т_Тек_СГ	0,2	0,1	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0	0,4	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2
22. Т_Оло_СГ	0,1	0,0	0,2	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	1,0	0,7	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3
23. Т_Гил_СК	0,2	0,3	0,3	0,5	0,4	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	1,0	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3
24. Т_Гне_СК	0,2	0,3	0,2	0,3	0,5	0,5	0,3	0,4	0,1	0,0	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4	0,3	0,5	0,5	1,0	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3
25. 3_Тум_СК	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,5	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	1,0	0,7	0,5	0,4	0,4
26. 3_Тум_С	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,5	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	1,0	0,7	0,4	0,4
27. 3_Инг_Д	-0,0	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	1,0	0,4	0,3
28. И_Син_Д	0,0	0,0	0,3	0,1	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	1,0	0,4	0,4
29. И_Син_С	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4	0,3	0,3	0,5	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,5	1,0

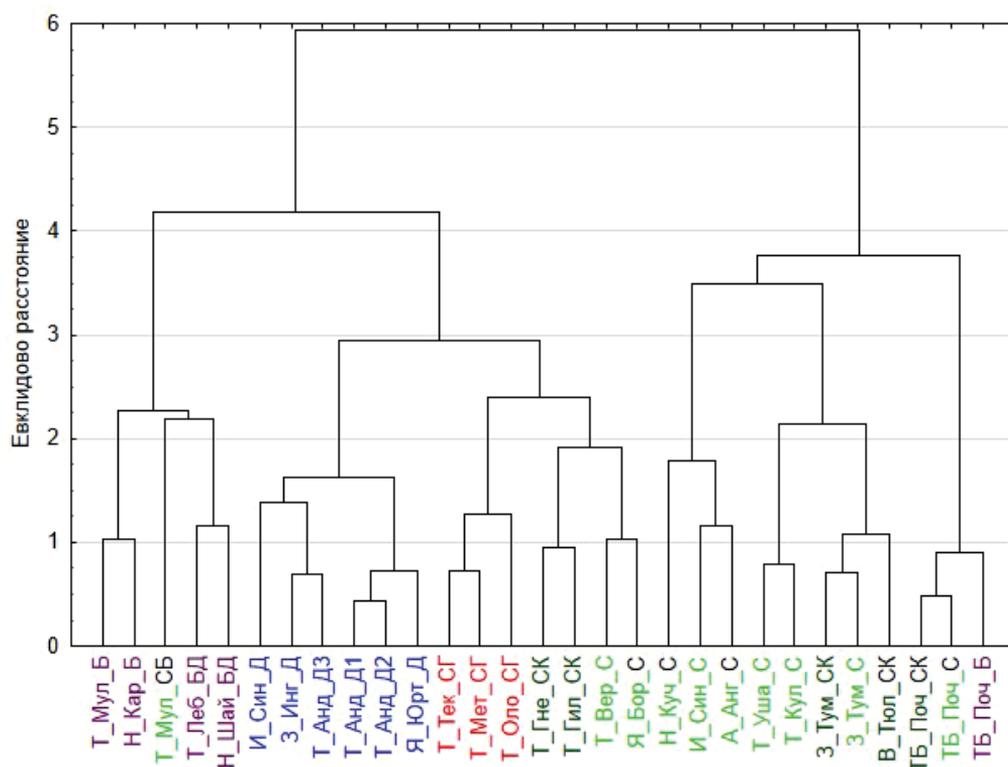


Рис. 1. Кластеризация хронологий ИЭС (метод полной связи). Цветом шрифта обозначен почвенно-гидрологический тип местопроизрастания сосны: фиолетовый – болота, синий – долины, красный – г. Тюмень, светло-зеленый – суходолы водоразделов, темно-зеленый – краевые водоразделы

Fig. 1. Clustering of chronologies of exponential spline indices (full linkage method). The color of the font indicates the soil-hydrological type of pine growing: purple – swamps, blue – valleys, red – Tyumen, light green – dry watersheds, dark green – marginal watersheds

В целом сходство болотных ДКХ между собой низкое, даже в пределах одного административного района (0,19–0,43) оно может быть ниже, чем сходство ДКХ из долин и с водораздельных суходолов разных районов. Так, корреляция ДКХ из долины р. Тобол в Яковском районе (Я\_Юрт\_Д) с ДКХ из долины оз. Андреевское в Тюменском районе достигает 0,61; сходство ДКХ Заводоуковского района из Ингальской долины (З\_Инг\_Д) и с суходола близ с. Тумашово (З\_Тум\_С) достигает 0,67. В среднем наибольшее сходство со всеми прочими детрендрованными ДКХ (0,42) проявляют ДКХ Т\_Анд\_Д3 и Т\_Оло\_СГ, приуроченные к суходолам, расположенным неподалеку от водных объектов. Из таблицы 4 видно также, что хронологии К и ИЭС образуют корреляционные плеяды, включающие типологически и географически близкие участки; особенно хорошо выражена группировка ДКХ суходольных участков Тюменского и Заводоуковского районов со средним уровнем корреляции 0,5–0,7.

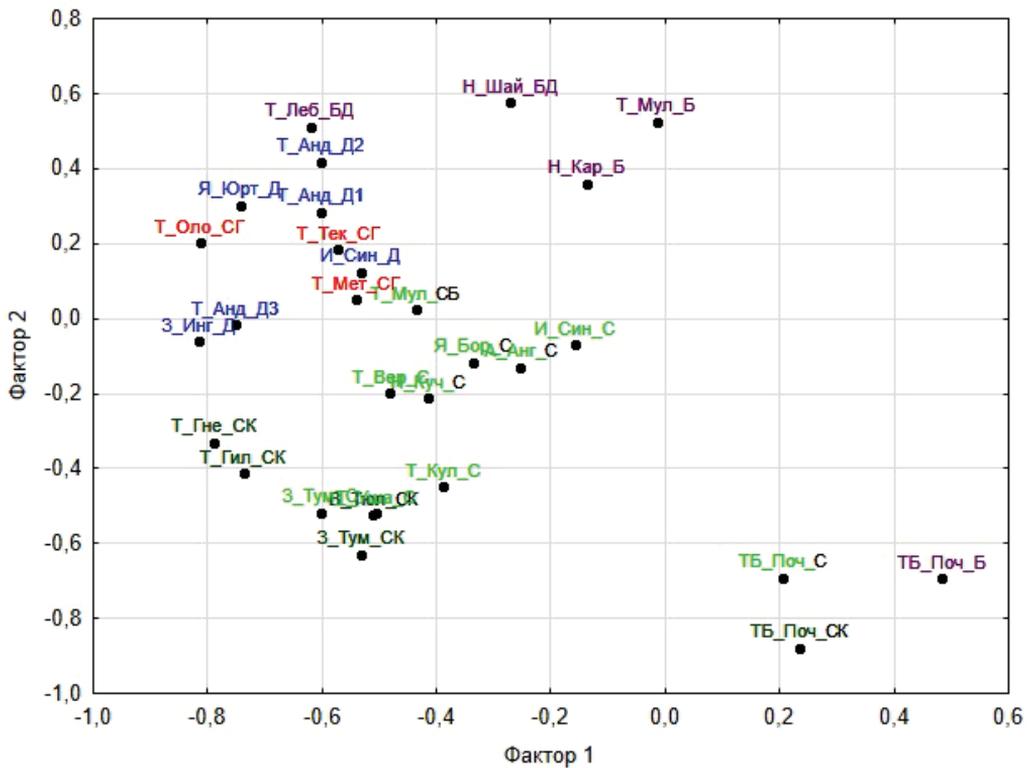


Рис. 2. Распределение хронологий ИЭС на поле факторного анализа (метод главных компонент, без вращения). Обозначения цветом шрифта см. на рисунке 1

Fig. 2. Distribution of chronologies of exponential spline indices in the factor analysis field (principal component analysis, no rotation). See figure 1 for font color designations

Более определенную картину дает расчет по данным таблицы 4 корреляционных матриц второго и более высоких порядков с дальнейшим кластерным анализом. Так, матрица третьего порядка дает четкую типологическую кластеризацию рассматриваемых ДКХ и соответствующих им биотопов (рис. 1).

Выделяется два коренных кластера: в первый (слева) входит широкий спектр гидроморфных участков, во второй — дренированные суходолы. В гидроморфном кластере находится три выделенных цветом шрифта подкластера: болот (Т\_Мул\_Б и др.); речных и озерных долин (И\_Син\_Д и др.); в третьем подкластере группируются, с одной стороны, участки г. Тюмени, подверженные подтоплению грунтовыми водами (судя по периодическому затоплению ближайших подвалов и погребов), с другой — участки высоких приречных террас с антропогенной трансформацией ландшафта, средней (Т\_Гне\_СК, Т\_Гил\_СК) или слабой (Т\_Вер\_С, Я\_Бор\_С). В кластере дренированных суходолов выделяется два подкластера: в правый входят ДКХ из-под Тобольска, которые, в отличие от прочих, представляют южную границу таежной зоны; в левый — все прочие водораздельные суходолы, среди которых можно заметить подкластеры более лег-

ких почв (Н\_Куч\_С и др.) и более производительных гумусных почв (Т\_Уша\_С и др.) и краевых водоразделов.

Аналогичную картину группировки ДКХ дает факторный анализ (рис. 2).

В системе двух главных факторов верхнюю правую часть факторного поля занимают болотные ДКХ (Т\_Мул\_Б и др.), нижнюю левую — ДКХ наиболее дренированных краевых водоразделов, занятые самыми производительными древостоями (З\_Тум\_СК), между ними находится весь спектр ДКХ по градации фактора увлажнения почв. По второй диагонали факторного поля вверху слева находятся ДКХ речных и озерных долин (Я\_Юрт\_Д и др., в том числе Т\_Леб\_БД — из заболоченного сосняка на низком побережье оз. Лебяжьего), близкое к ним положение имеют ДКХ г. Тюмени из зон подтопления грунтовыми водами (Т\_Оло\_СГ и др.). По направлению вниз по этой диагонали факторного поля влияние пойменного режима ослабевает. Наконец, в правом нижнем углу поля отдельную группу составляют тобольские водораздельные ДКХ, географически близкие к гидротермическому оптимуму региона и наименее лимитированные состоянием рек и озер.

Продемонстрированные схемы ландшафтно-географической группировки ДКХ показывают, что для рассматриваемой территории можно выделить по меньшей мере три варианта дендрошкал: болотный, долинный и суходольный водораздельный; вероятно, для водоразделов Тобольского района возможен дополнительный северный вариант. Болотные ДКХ, хотя и могут быть обеспечены наиболее старыми растущими ныне деревьями, характеризуются низкой корреляцией на межпопуляционном уровне, поэтому их генерализация и использование региональной дендрошкалы на их основе наиболее проблематичны; впрочем, нахождение болотной древесины в археологических памятниках региона и тем более в архитектурных сооружениях маловероятно.

Для определения уровня корреляции локальных рядов ИЭС, необходимого для их уверенной перекрестной датировки, для разных участков были рассчитаны скользящие коэффициенты корреляции при смещении ряда ИЭС от известного синхронного положения с другим рядом (аналогично расчету автокорреляции). Рассмотрено два варианта: для 50-летнего смещаемого отрезка (до 150 итераций от синхронного положения с другой 200-летней хронологией) и для 100-летнего смещаемого отрезка (смещение до 100 итераций) (рис. 3).

При исходном синхронном значении коэффициента корреляции от 0,5 в первом варианте и от 0,4 во втором варианте более высокие значения коэффициента корреляции при смещении не были выявлены (рис. 3.-А, Б), причем синхронное значение было заметно выше смещенных значений (не менее чем на 0,1). Однако при меньшем синхронном значении коэффициента корреляции его смещенные значения могут быть близки к синхронному или даже превышать его (рис. 3.-В, Г). Такие случаи объясняются цикличностью радиального прироста деревьев и совпадением фазы при смещении хронологий на длину цикла относительно синхронной позиции. Заметим, что коэффициент корреляции между рассматриваемыми хронологиями Тоболо-Ишимского региона (с 1907 г.) в синхронной позиции составил 0,4 и более в 124 случаях из 406 парных комбинаций (31%). То есть датировка древесины по дендрошкалам в условиях региона достаточно эффективна, и установленные критические значения коэффициента корреляции с большой вероятностью свидетельствуют о верности перекрестной датировки.

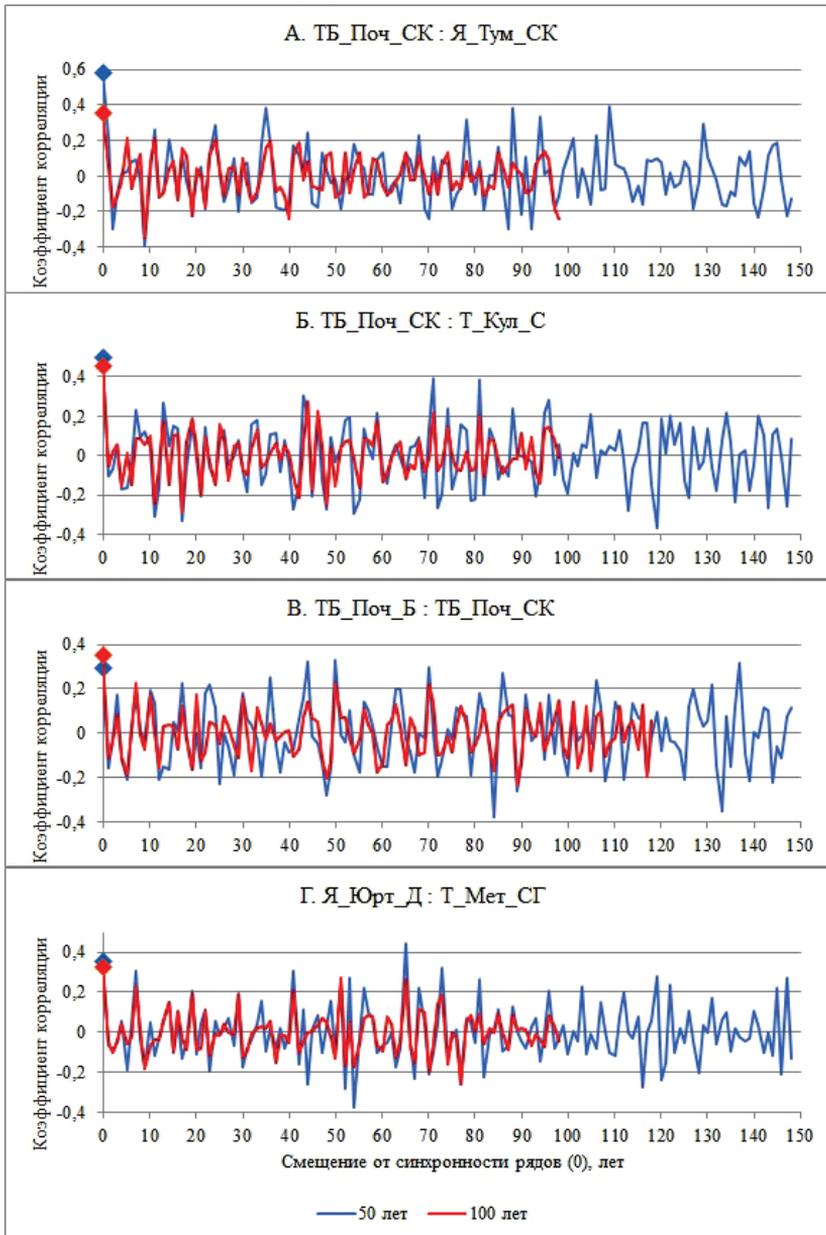


Рис. 3. Соотношение синхронной и смещенной корреляции хронологий ИЭС для длины смещаемой хронологии в 50 и 100 лет. Значение коэффициента корреляции в синхронной позиции выделено маркером

Fig. 3. Ratio of synchronous and biased correlation of chronologies of exponential spline indices for the length of the shifted chronology in 50 and 100 years. The value of the correlation coefficient at the synchronous position is highlighted with a marker

Сравнительный анализ имеющихся материалов по археологической и современной древесине сосны в Тоболо-Ишимском регионе показал, что все параметры ДКХ из названных археологических комплексов находятся в рамках, характерных для современных ДКХ региона, полученных из растущих на протяжении XIX–XXI вв. деревьев, и наиболее близки к параметрам ДКХ из высокопроизводительных древостоев речных долин.

### **Заключение**

Таким образом, анализ имеющихся древесно-кольцевых хронологий сосны Тоболо-Ишимского региона показал, что возможности использования имеющихся дендрошкал из ближайших локалитетов Тара и Горноправдинск («Тара», «Gor\_pin») для датировки местных археологических памятников и архитектурных сооружений недостаточны. Это обусловлено отсутствием сильного лимитирующего фактора формирования древесных колец на юге таежной и в подтаежной зонах, что дает не более чем средний уровень корреляции древесно-кольцевых хронологий даже из географически и типологически близких местопроизрастаний и его сильное уменьшение с расстоянием. Вместе с тем анализ выявил достаточные перспективы построения региональных дендрошкал, которых с учетом типологии местопроизрастаний может быть не менее трех: для речных и озерных долин (с наибольшим уровнем корреляции хронологий); для суходольных водоразделов (со средним уровнем корреляции); для болот (с низким уровнем корреляции). Для суходольных водоразделов юга таежной зоны (Тобольский район) и лесостепи, вероятно, целесообразно построение отдельных дендрошкал. Сравнительный анализ хронологий по археологической древесине сосны памятника Царев курган и частокола Тобольского посада показал, что все их параметры находятся в рамках, характерных для современных хронологий сосны в регионе, и наиболее близки к параметрам высокопроизводительных древостоев речных долин. Это создает хорошие предпосылки для комбинации средневековой и современной древесины при посредстве старой архитектурной древесины, т.е. для классической схемы построения региональных дендрошкал с абсолютной датировкой. При наличии коллекции архитектурной древесины региона актуальной задачей остается поиск растущих деревьев старше 200 лет, особенно на территории Тобольского района.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

Агафонов Л. И. Древесно-кольцевая индикация гидролого-климатических условий в Западной Сибири: дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 2011. 231 с.

Антонюк А. Ю., Арефьев С. П. Дендрохронологическая оценка многолетних изменений уровня озера Андреевское (Тюменский район) // Водные ресурсы — основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI веке. Т. I. Тюмень : ТИУ, 2019. С. 311–317.

Арефьев С. П. Оценка устойчивости кедровых лесов Западно-Сибирской равнины // Экология. 1997. №3. С. 149–157.

Арефьев С. П. Дендрохронологический анализ факторных полей состояния кедра (*Pinus sibirica* Du Tour) в Западной Сибири // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2009. №10. С. 108–115.

Арефьев С. П., Антонюк А. Ю. Дендрохронологический мониторинг биоклиматических изменений в городе Тюмени в период 1936–2018 годов // Экосистемные услуги и менеджмент природных ресурсов. Тюмень : Вектор Бук, 2020. С. 270–275.

Арефьев С. П., Зах В. А. Древесно-кольцевые хронологии как показатель колебания уровня воды в Андреевской озерной системе в начале XIX — XXI в. // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2017. №4 (39). С. 161–171.

Арефьев С. П., Хомутов А. В., Ермохина К. А., Лейбман М. О. Дендрохронологическая реконструкция процесса формирования газового бугра на месте Ямальской воронки // Криосфера Земли. 2017. Т. XXI. №5. С. 107–119.

Гавриков В. Л. Рост леса: уровни описания и моделирования. Красноярск : Изд-во СФУ, 2013. 176 с.

Данилов П. Г. Междисциплинарные исследования в археологическом изучении материальной культуры города Тобольска // Тобольск: Времена, события, люди. Тобольск : УрО РАН, 2017. С. 54–60.

Зах В. А., Арефьев С. П. Дерево из конструкций Царева Кургана на Тоболе // Мультидисциплинарные аспекты изучения древней и средневековой истории: К 70-летию акад. В. И. Молодина. Новосибирск : Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2018. С. 276–293.

Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высшая школа, 1990. 352 с.

Матвеев А. В., Аношко О. М., Сомова М. А., Селиверстова Т. В. Исследование объекта с частоколом и подземным ходом на территории Тобольского посада // Культура русских в археологических исследованиях. Омск : Апелсин, 2008. С. 115–127.

Матвеева Н. П., Якимов А. С., Ларина Н. С., Агафонов Л. И. Стоянка сибирских первопроходцев на Карачинском острове (Нижнее Притоболье) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2018. Т. 46. №1. С. 108–116.

Мыглан В. С. Историко-культурные процессы в Сибири в контексте климатических изменений по данным археологии, дендрохронологии и истории (XVII–XIX вв.) : дис. ... д-ра ист. наук. Красноярск, 2012. 796 с.

Поляков И. С. Письма и отчеты о путешествіи въ долину р. Оби // Приложение к XXX тому записокъ Импер. академіи наукъ. СПб., 1877. №2. 187 с.

Сидорова М. О., Баринов В. В., Жарников З. Ю., Мыглан В. С. Датировка археологической древесины из памятника «могильник Горноправдинский» // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск : Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2015. Т. XXI. С. 390–393.

Сидорова М. О., Жарников З. Ю., Доржу З. Ю., Майничева А. Ю., Мыглан В. С. Дендрохронологические методы в архитектурно-этнографическом обследовании поселений русских в Сибири (на примере города Тары Омской области) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2017. №45 (4). С. 122–131.

Сидорова М. О., Жарников З. Ю., Майничева А. Ю., Мыглан В. С. Архитектурный ансамбль по ул. Карбышева в г. Тара: Архитектурно-этнографический и дендрохронологический аспекты // Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2017. Вып. 6. С. 377–384.

Сидорова М. О., Жарников З. Ю., Мыглан В. С. Определение календарного времени сооружения памятников деревянного зодчества историко-культурного комплек-

са «Старина Сибирская» (Омская область) // Academia. Архитектура и строительство. 2016. №1. С. 33–39.

Сидорова М. О., Жарников З. Ю., Татауров С. Ф., Татаурова Л. В., Мыглан В. С. Дендрохронологическое датирование археологических объектов Тарского Прииртышья (Омская область) // Российская археология. 2019. №2. С. 134–144.

Филатова М. О. Потенциал дендроархеологии в природных зонах Западной Сибири : дис. ... канд. ист. наук. Красноярск, 2021. 250 с.

Черных Н. Б. Дендрохронология и археология. М. : Nox, 1996. 216 с.

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

Шиятов С. Г., Ваганов Е. А., Кирдянов А. В., Круглов В. Б., Мазепа В. С., Наурзбаев М. М., Хантемиров Р. М. Методы дендрохронологии. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации : учеб.-метод. пособие. Красноярск : Крас. гос. ун-т, 2000. Ч. I. 80 с.

Cook E., Peters K. The smoothing spline: A new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree-Ring Bulletin*. 1981. 41: 45–53.

Ferguson C. W. A 7104-years annual tree-ring chronology for bristlecone pine, *Pinus aristata*, from the White Mountains, California // *Tree-Ring Bull.* 1969. Vol. 29. №3/4. Pp. 3–29.

Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences / Eds. E.R. Cook, L.A. Kairiukstis. Dordrecht; Boston; London : Kluwer Acad. Publ., 1990. 394 pp.

Wigley T. M. L., Briffa K. R., Jones P. D. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology // *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 1984. Vol. 23. Pp. 201–213.

## REFERENCES

Agafonov L. I. Tree-ring Indication of Hydrological and Climatic Conditions in Western Siberia: Dis. ... Dr. Biol. Sciences. Ekaterinburg, 2011. 231 p. (*In Russ.*)

Antoniuk A. Iu., Arefyev S. P. Dendrochronological Assessment of Long-Term Changes in the Level of Lake Andreevskoe (Tyumensky district). Water Resources are the Basis for Sustainable Development of Siberian and Arctic Settlements in the 21<sup>st</sup> Century. Vol. 1. Tyumen : TIU, 2019. Pp. 311–317. (*In Russ.*)

Arefyev S. P. Assessment of the Sustainability of the Cedar Forests of the West Siberian Plain. *Ekologiya = Ecology*. 1997;3:149–157. (*In Russ.*)

Arefyev S. P. Dendrochronological Analysis of Factor Fields of State of Siberian Stone Pine (*Pinus sibirica* Du Tour) in Zapadnaya Sibir. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya = Bulletin of Ecology, Forestry and Landscape Science*. 2009;10:108–115. (*In Russ.*)

Arefyev S. P., Antoniuk A. Iu. Dendrochronological Monitoring of Bioclimatic Changes in the City of Tyumen in the Period 1936–2018. In: *Ecosystem Services and Natural Resource Management*. Tyumen : Vektor Buk, 2020. Pp. 270–275. (*In Russ.*)

Arefyev S. P., Zakh V. A. Tree-ring Chronologies as an Indicator of Water Level Fluctuations in the Andreevskaya Lake System at the Beginning of the 19<sup>th</sup> — 21<sup>st</sup> centuries. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii = Bulletin of Archaeology, Anthropology and Ethnography*. 2017;39(4):161–171. (*In Russ.*)

Arefyev S. P., Khomutov A. V., Ermokhina K. A., Leibman M. O. Dendrochronological Reconstruction of the Formation of a Gas Mound at the Site of the Yamal Funnel. *Kriosfera Zemli = Earth's Cryosphere*. 2017;21(5):107–119. (In Russ.)

Gavrikov V. L. Forest Growth: Levels of Description and Modeling. Krasnoyarsk : Izd-vo SFU, 2013. 176 p.

Danilov P. G. Interdisciplinary Research in the Archaeological Study of the Material Culture of the City of Tobolsk. In: Tobolsk: Times, Events, People. Tobolsk : UrO RAN, 2017. Pp. 54–60. (In Russ.)

Zakh V. A., Arefyev S. P. A Tree from the Structures of Tsarev Kurgan on Tobol. In: Multidisciplinary aspects of the study of ancient and medieval history: on the 70<sup>th</sup> anniversary of Acad. V. I. Molodin. Novosibirsk : Izd-vo IAET SO RAN, 2018. Pp. 276–293. (In Russ.)

Lakin G. F. Biometrics. Moscow : Vysshaya shkola, 1990. 352 p.

Matveev A. V., Anoshko O. M., Somova M. A., Seliverstova T. V. Investigation of an Object with a Palisade and an Underground Passage on the Territory of the Tobolsk Garden. In: Russian Culture in Archaeological Research. Omsk : Apel'sin, 2008. Pp. 115–127. (In Russ.)

Matveeva N. P., Iakimov A. S., Larina N. S., Agafonov L. I. Camp of Siberian Pioneers on the Karachinsky Island (Lower Tobol River region). *Arheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii = Archaeology, Ethnography, and Anthropology of Eurasia*. 2018;46(1):108–116. (In Russ.)

Myglan V. S. Historical and Cultural Processes in Siberia in the Context of Climate Change according to Archaeology, Dendrochronology and History (the 17<sup>th</sup> – 19<sup>th</sup> Centuries) : Dis. ... Dr. Hist. Sciences. Krasnoyarsk, 2012. 796 c. (In Russ.)

Poliakov I. S. Letters and Reports on Travel to the Valley of the River. In: Supplement to Volume XXX of Notes of the Imperial Academy of Sciences. St. Petersburg, 1877. №2. 187 p. (In Russ.)

Sidorova M. O., Barinov V. V., Zharnikov Z. Iu., Myglan V. S. Dating of Archaeological Wood from the Gornopravdinsky burial ground site. In: Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Adjacent Territories. Novosibirsk : Izd-vo IAET SO RAN, 2015. Vol. XXI. Pp. 390–393. (In Russ.)

Sidorova M. O., Zharnikov Z. Iu., Dorzhu Z. Iu., Mainicheva A. Iu., Myglan V. S. Dendrochronological methods in architectural and ethnographic survey of Russian settlements in Siberia (on the example of the city of Tara, Omsk region). *Arheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii = Archaeology, Ethnography, and Anthropology of Eurasia*. 2017;45(4):122–131. (In Russ.)

Sidorova M. O., Zharnikov Z. Iu., Mainicheva A. Iu., Myglan V. S. Architectural ensemble on the street Karbyshev in Tara: Architectural Ethnographic and Dendrochronological Aspects. In: Eurasia in the Cenozoic. Stratigraphy, paleoecology, cultures. Issue 6. Irkutsk : Izd-vo IGU, 2017b. Pp. 377–384. (In Russ.)

Sidorova M. O., Zharnikov Z. Iu., Myglan V. S. Determination of the Calendar Time for the Construction of Wooden Architectural Monuments of the Historical and Cultural Complex Old Siberian (Omsk region). *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo = Academia. Architecture and Construction*. 2016;1:33–39. (In Russ.)

Sidorova M. O., Zharnikov Z. Iu., Tataurov C. F., Tataurova L. V., Myglan V. S. Dendrochronological Dating of Archaeological Sites in the Tara Irtysh Region (Omsk region). *Rossijskaya arheologiya = Russian Archaeology*. 2019;2:134–144. (In Russ.)

Filatova M. O. The Potential of Dendroarchaeology in the Natural Zones of Western Siberia : Dis. ... Cand. Hist. Sciences. Krasnoyarsk, 2021. 250 p. (In Russ.)

Chernykh N. B. Dendrochronology and Archaeology. Moscow : Nox, 1996. 216 p. (In Russ.)

Shiiatov S. G. Dendrochronology of the Upper Forest Boundary in the Urals. Moscow : Nauka, 1986. (In Russ.)

Shiiatov S. G., Vaganov E. A., Kirdianov A. V., Kruglov V. B., Mazepa V. S., Naurzbaev M. M., Khantemirov R. M. Dendrochronology Methods. Fundamentals of Dendrochronology. Collection and Receipt of Tree-Ring Information : Training Manual. Krasnoyarsk : KGU, 2000. Part I. 80 p. (In Russ.)

Cook E., Peters K. The Smoothing Spline: A New Approach to Standardizing Forest Interior Tree-Ring Width Series for Dendroclimatic Studies. *Tree-Ring Bulletin*. 1981. 41: Pp. 45–53.

Ferguson C. W. A 7104-years Annual Tree-Ring Chronology for Bristlecone Pine, *Pinus Aris-tata*, from the White Mountains, California. *Tree-Ring Bulletin*. 1969. 29 (3–4). Pp. 3–29.

Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences / Eds. E. R. Cook, L. A. Kairiukstis. Dordrecht; Boston; London : Kluwer Acad. Publ., 1990. 394 pp.

Wigley T. M. L., Briffa K. R., Jones P. D. On the Average Value of Correlated Time Series, with Applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 1984. 23. Pp. 201–213. (In Russ.)

---

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Арефьев Станислав Павлович**, доктор биологических наук, заведующий сектором биоразнообразия и динамики природных комплексов Института проблем освоения Севера ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень, Россия.

**Stanislav Pavlovich Arefyev**, Doctor of Biological Sciences, Head of the Sector of Biodiversity and Dynamics of Natural Complexes of Institute of the Problems of Northern Development of Tyumen Scientific Center, Tyumen, Russia.

**Зах Виктор Алексеевич**, доктор исторических наук, главный научный сотрудник сектора археологии и палеоэкологии Института проблем освоения Севера ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень, Россия.

**Victor Alekseevich Zakh**, Doctor of Historical Sciences, Chief Researcher of the Sector of Archaeology and Paleoecology of Institute of the Problems of Northern Development of Tyumen Scientific Center, Tyumen, Russia.

---

*Статья поступила в редакцию 09.03.2022;  
одобрена после рецензирования 06.05.2022;  
принята к публикации 11.05.2022.  
The article was submitted 09.03.2022;  
approved after reviewing 06.05.2022;  
accepted for publication 11.05.2022.*