

УДК 630*561.24(98)(045)

DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-106-118

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ В ИСТОРИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ АРКТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

П.А. Феклистов¹, д-р с.-х. наук, проф.; ResearcherID: [AAC-2377-2020](https://orcid.org/0000-0001-8226-893X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8226-893X>

Н.М. Бызова², канд. геогр. наук, доц.; ResearcherID: [AAS-9212-2020](https://orcid.org/0000-0003-3493-092X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3493-092X>

А.И. Пашкевич³, д-р геогр. наук, проф.; ResearcherID: [AAS-3167-2020](https://orcid.org/0000-0001-8134-5999),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8134-5999>

Е.В. Сазанова², канд. экон. наук, доц.; ResearcherID: [G-8650-2019](https://orcid.org/0000-0001-5731-7517),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5731-7517>

А.Н. Соболев⁴, канд. с.-х. наук; ResearcherID: [AAS-3366-2020](https://orcid.org/0000-0002-7961-8318),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7961-8318>

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН, наб. Северной Двины, д. 109, г. Архангельск, Россия, 163000; e-mail: pfeklistov@yandex.ru

²Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: n.byzova@narfu.ru

³Университет Даларны, Высшая Школа Технологии и Бизнеса, Хогскулегатан 2, г. Фалун, SE-79188, Швеция; e-mail: alp@du.se

⁴Соловецкий музей-заповедник, Архангельская обл., пос. Соловки; e-mail: alex-sobol@mail.ru

Исследования древесины в Арктике проводились на островах Вайгач, Гуккера (Земля Франца-Иосифа) и Новой Земле. В ходе экспедиции «Арктический плавучий университет – 2013» были взяты образцы древесины (керны) из строений на ключевых участках арктических островов. По образцам древесины строили древесно-кольцевые серии и получали «плавающие хронологии», которые «привязывали» к дендрощкалам растущих деревьев с известным годом образования каждого годичного кольца. Перекрестное датирование плавающих хронологий осуществляли следующим образом. Дендрощкалу и плавающую хронологию накладывали друг на друга и рассчитывали коэффициент синхронности, затем сдвигали на 1 год и снова рассчитывали, и так сдвигали и перебирали все возможные варианты. По результатам с максимальным коэффициентом синхронности оценивали визуальное сходство и датировали годичные кольца плавающей хронологии, а по самому наружному кольцу датировали объект. Дендрохронологическим методом был определен год образования каждого годичного кольца бревен строений, что позволило предположить время их возведения, считая, что это происходило через год-два после рубки дерева. Все исследованные объекты располагались в местах с сохранившейся историей их создания, что очень важно для подтверждения объективности полученных данных. В результате исследований определены даты строительства: на о-ве Вайгач строение датируется 1945 г., на о-ве Гуккера (Земля Франца-Иосифа) – постройки 1936 г., бывшая баня на м. Желания (Новая Земля) – 1935 г., сруб дзота (там же) – 1938 г., маяк (там же) – 1952 г., сруб на берегу бух. Ледяная Гавань (Новая Земля) – 1938 г., относительно «современное» строение (там же) датируется 1991 г. Дата строительства маяка из исторических документов – 1954 г., а датирование по годичным кольцам показывает, что бревна срублены в 1952 г. и, вероятно, завезены заранее. Проведенные исследования на основе дендрохронологического метода открывают большие возможности для определения возраста безымянных деревянных объектов в Арктике.

Для цитирования: Феклистов П.А., Бызова Н.М., Пашкевич А.И., Сазанова Е.В., Соболев А.Н. Дендрохронологическое исследование древесины в исторически значимых арктических объектах // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 5. С. 106–118. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-106-118

Финансирование: Исследования выполнены в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова УрО РАН (проекты № 0409-2019-0039; № ГР АААА-А18-118011690221-0).

Ключевые слова: дендрохронологический метод, дендрошкала, Арктика, объекты историко-культурного наследия, плавающая хронология.

Введение

Арктика, несмотря на удаленность и труднодоступность, имеет длительную историю освоения и исследования. По данным Морской арктической комплексной экспедиции (МАКЭ) Российского научно-исследовательского института культурного и природного наследия имени Д.С. Лихачева, только на островах архипелага Земля Франца-Иосифа обнаружен 101 объект, имеющий признаки историко-культурной ценности, из которых 65 – историко-культурные памятники, 36 – памятные места, связанные с историей изучения и освоения архипелага [4].

Суровые природные условия Арктики, отсутствие древесной растительности сыграли важную роль в выборе строительного материала для сооружения зимовий, становищ, помещений полярных станций, большинство из которых деревянные. Первоначально для этих целей первопроходцы использовали плавник, бревна, выброшенные на берег прибоем. Тяжелые климатические условия, определяющие крайне низкую активность живых организмов – разрушителей древесины, позволяют использовать выброшенные на берег бревна для построек.

В дальнейшем для строительства стали привозить разборные срубы, чаще всего сосновые [3]. Большинство строений на побережье островов в западном секторе Арктики возводились из древесины, заготовленной в северо-европейской лесной зоне, вероятнее всего на территории Архангельской губернии, откуда начинались многие арктические экспедиции. Сооружения XX в., жилые, рабочие, складские помещения полярных станций, деревянные маяки также создавались из привозной древесины, доставленной на острова морскими судами из портов Архангельской области.

В большинстве случаев датировка отдельных сохранившихся деревянных объектов в Арктике затруднена. При отсутствии строительного материала многие из них многократно перестраивались, подвергались разборке для строительства новых жилищ, использовались как топливо. Дендрохронологический метод открывает большие возможности для определения возраста древесины и времени строительства деревянных сооружений, для восстановления истории открытия и освоения Арктики [5].

Объекты и методы исследования

В основе дендрохронологического метода датировки деревянных объектов лежит сходство в динамике ширины годовых колец у разных деревьев. Для хвойных деревьев получены сотни дендрохронологических рядов по древесине ныне живущих деревьев. Наиболее изученными являются районы Сибири,

Дальнего Востока и Средней Азии. Самые длинные по живущим деревьям ряды – по арче туркестанской в Средней Азии, 808 лет [9], по лиственнице сибирской – 1010 лет на Полярном Урале [12], 867 лет в Западной Сибири [13], 677 лет на Алтае [1]. Однако самый близкий район исследования, где получены дендрошкалы по лиственнице – Полярный Урал [22, 23].

Для определения года формирования прироста (годичных колец) бревен из арктических строений использовались дендрошкалы по соснякам с Большого Соловецкого острова, предоставленные А.Н. Соболевым, научным сотрудником Соловецкого государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника. При этом учитывалось, что на Севере сходство в динамике радиального прироста прослеживается на большие расстояния [19].

Дендрохронологический метод позволяет определить время формирования (год формирования) годовых колец деревьев. Датировка деревянных объектов основана на том, что у разных деревьев наиболее крупные и наиболее мелкие изменения в ширине годовых колец совпадают по времени. Это связано с адаптивной реакцией прироста на стрессовые условия и климатические факторы [10, 11, 15, 16, 20, 21, 24, 25 и др.]. По взятым образцам древесины строится древесно-кольцевая серия, или «плавающая» хронология. Плавающие хронологии «привязывают» к дендрошкалам, полученным по растущим деревьям, у которых известен возраст каждого годового кольца. Это позволяет осуществить перекрестное датирование плавающих хронологий и хронологий годовых колец современной древесины. Например, по динамике величины годовых колец бревен из стен церкви Цигенхайн в Германии было определено время ее возведения [8].

Из бревен деревянных строений на побережье арктических островов, расположенных на ключевых участках по маршруту экспедиции «Арктический плавучий университет – 2013», возрастным буравом брались образцы древесины (керы), у которых с помощью микроскопа МБС-9 измерялась ширина годового кольца. Точность измерения годовых колец $\pm 0,05$ мм. Количество образцов из одной постройки зависело от количества бревен, пригодных для анализа. По каждому деревянному объекту бралось до 10 образцов древесины. Всего были взяты образцы древесины из 32 бревен. В общей сложности было произведено измерение около 4600 годовых колец. По каждому образцу построена плавающая дендрошкала, без привязки годовых колец к определенным датам (годам).

Дендрошкалы из одной постройки на предмет выявления синхронности в изменении прироста сравнивались графически. Для более объективной оценки рассчитывался коэффициент синхронности, предложенный нами ранее [14], по формуле:

$$K = \frac{\sum_1^n |A+B|^+}{\sum_1^n |A| + |B|},$$

где A – разница в величине прироста между соседними годами в одном ряду; B – разница в величине прироста между соседними годами в другом ряду; $|A| + |B|^+$ – «вес» однонаправленных интервалов, обе разности с одним знаком; $|A| + |B|$ – общий «вес» всех интервалов, сумма абсолютных величин всех разностей.

В дендрохронологических исследованиях часто возникает необходимость сравнения дендрошквал для установления их сходства. Визуальная оценка сходства не может быть объективным критерием, поэтому использовались разные количественные показатели [2, 6, 7, 17, 18]. Однако эти показатели учитывают лишь сходство тенденций в изменении прироста и не учитывают абсолютные величины сходных изменений. Мы предлагаем использовать коэффициент синхронности, учитывающий как тенденцию изменения прироста от года к году, так и абсолютную величину отклонений [14]. Это способствует приданию «веса» наиболее крупным и заметным изменениям прироста. Данный коэффициент варьирует от 0 до 100 %. Если коэффициент менее 50 % – дендрошкалы асинхронны, если более 50 % – наблюдается синхронность дендрошквал.

Коэффициент синхронности рассчитывался для дендрошквал при наибольшем визуальном сходстве двух кривых. Затем дендрошкалы сдвигались на год, снова вычислялся коэффициент, и так далее до получения наибольшего показателя синхронности и последующей возможности датировать годовые кольца плавающей хронологии. Последний год свидетельствует о годе рубки дерева и позволяет предположить время строительства деревянных строений. Выбор деревянных строений на ключевых участках обусловлен возможностью сравнения результатов определения возраста древесины дендрохронологическим методом с временем их строительства по имеющимся архивным документам.

Результаты исследования и их обсуждение

Определение возраста годовых колец бревен из деревянных строений произведено на 4 ключевых участках: о-в Вайгач, о-в Гукера архипелага Земля Франца-Иосифа, м. Желания и побережье бух. Ледяная Гавань о-ва Северный архипелага Новая Земля. По каждому образцу построена плавающая дендрошкала без привязки годовых колец к определенным датам (годам) для последующего совмещения с дендрошкалами образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва.

На ключевом участке № 1, расположенном на м. Болванский Нос на северо-востоке о-ва Вайгач, образцы для определения возраста древесины (кern 10) взяты из деревянного строения, расположенного к северо-востоку от действующей морской гидрометеорологической полярной станции имени Е.К. Федорова. Построена плавающая дендрошкала, при совмещении которой с дендрошкалой образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва коэффициент синхронности дендрошквал составил 68 %. Последнее годовое кольцо древесины из исследуемого сруба датируется 1945 г., что позволяет предположить, что обследованное деревянное строение было построено после 1945 г. (рис. 1).

Образец древесины (кern 5) был взят из основания сгоревшего строения в северо-восточной части станции у подножия плато. Бревна представляют остатки единственного в истории станции двухэтажного здания, бывшего космического павильона, сложенного из бруса в форме правильного куба с высотой стен 9 м. По kernу 5 была получена плавающая хронология, наложение которой на дендрошкалу с Большого Соловецкого о-ва показало их синхронность с 1936 г. Коэффициент синхронности составил 72 % (рис. 2). Следовательно, для основания сруба павильона, построенного в 1952 г., использовались бревна, наружные годовые слои которых датируются серединой 30-х гг. XX в.

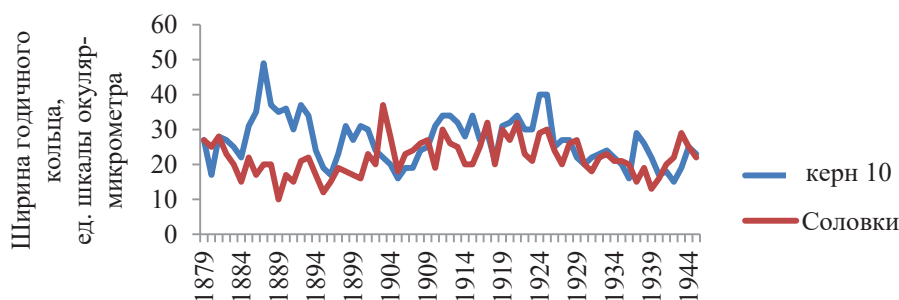


Рис. 1. Совмещенные дендрощкалы образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва и строения на о-ве Вайгач (кern 10)

Fig. 1. Combined dendroscales of wood samples from Bolshoy Solovetsky Island and a building on Vaygach Island (core 10)

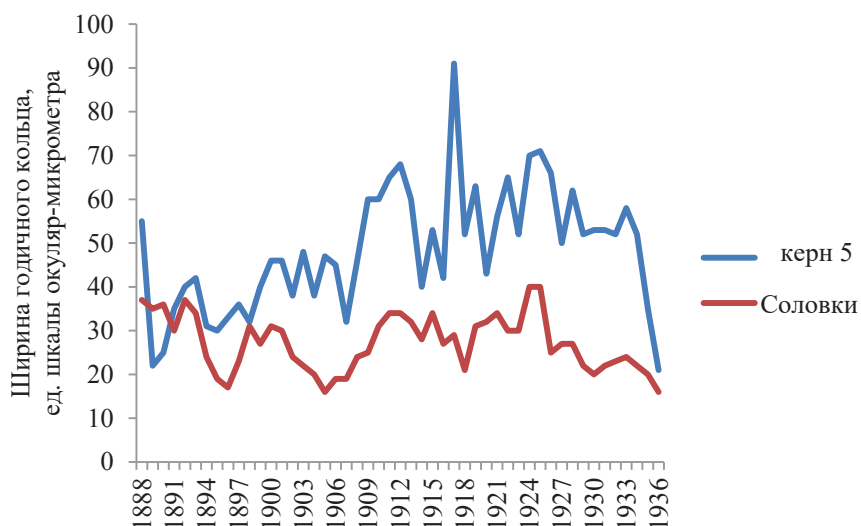


Рис. 2. Совмещенные дендрощкалы образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва и основания сгоревшего павильона на о-ве Гукера, Земля Франца-Иосифа (кern 5)

Fig. 2. Combined dendroscales of wood samples from Bolshoy Solovetsky Island and the basement of the burnt space pavilion on Hooker Island, Franz Josef Land (core 5)

Другим объектом изучения было строение бывшей бани-прачечной. Это одно из старейших на станции помещений, возведенное в 1929 г. С балки, на которую опирается потолок бани, был взят образец древесины (кern 6). Степень синхронности дендрощкалы образцов из потолочной балки в бане-прачечной на о-ве Гукера и с Большого Соловецкого о-ва хотя и невысока (56 %), но достаточно заметна (рис. 3). Год рубки потолочной балки – 1936 г. Возможно, ее использовали при ремонте после строительства бани.

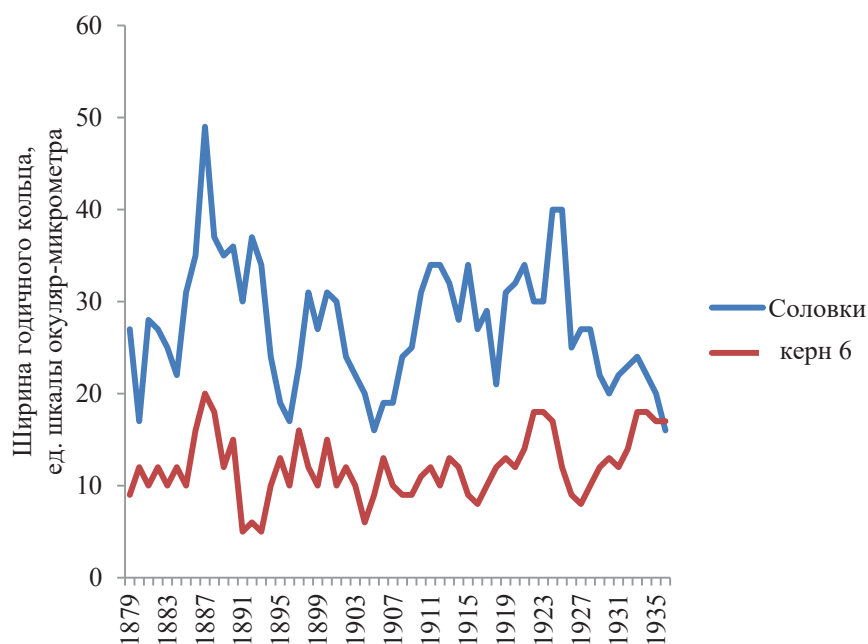


Рис. 3. Совмещенные дендрошкалы образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва и потолочной балки бани-прачечной на о-ве Гукера, Земля Франца-Иосифа (кern 6)

Fig. 3. Combined dendrochronology scales of wood samples from Bolshoy Solovetsky Island and a ceiling beam of the bath-washhouse on Hooker Island, Franz Josef Land (core 6)

На ключевом участке № 3 на м. Желания о-ва Северный архипелага Новая Земля образцы древесины брались из различных деревянных сооружений полярной станции м. Желания, строительство которой началось в 1931 г. [3]. Одним из первых строений станции считается бывшая баня, из сруба которой был взят образец древесины (кern 3). Последние годовые кольца плавающей хронологии датируются 1935 г., степень синхронности с дендрошкалой с Большого Соловецкого о-ва – 59 % (рис. 4). Таким образом, вероятнее всего, этот объект был построен после 1935 г.

На мысе Желания о-ва Северный архипелага Новая Земля до настоящего времени сохранились военные укрепления – дзоты из бревен разной толщины. Это выкопанные в грунте небольшие блиндажи, укрепленные срубом, где были установлены крупнокалиберные пулеметы и пушка. Эти укрепления были построены в августе 1942 г., после нападения на метеостанцию немецкой подводной лодки.

Дендрошкала образца древесины из сруба дзота (кern 4) имела синхронность с дендрошкалой с Большого Соловецкого о-ва (рис. 5). Коэффициент синхронности составил 55 %. Последнее годовое кольцо датируется 1938 г. Возможно, при строительстве военных сооружений использовались ранее завезенные на полярную станцию строительные материалы.

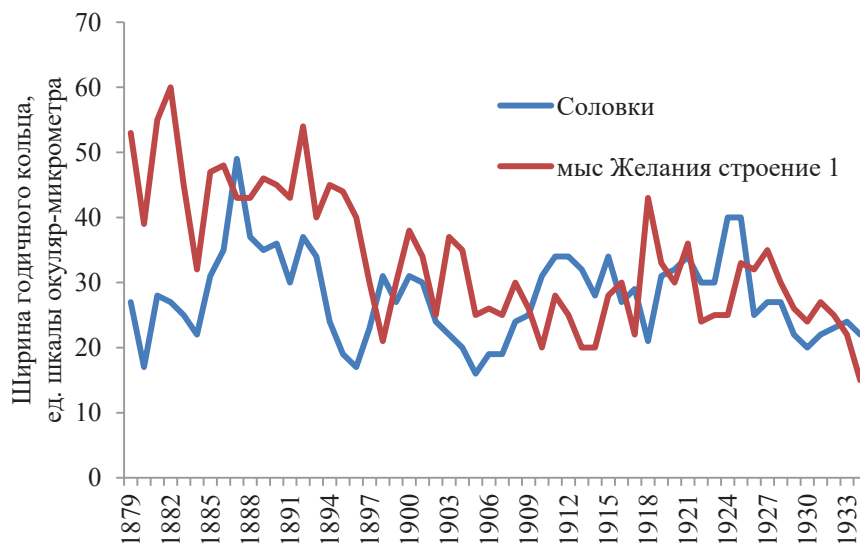


Рис. 4. Совмещенные дендрощкалы образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва и сруба бывшей бани на м. Желания о-ва Северный, Новая Земля (кern 3)

Fig. 4. Combined dendroscales of wood samples from Bolshoy Solovetsky Island and the frame of the former bathhouse at Cape Zhelaniya, Severny Island, Novaya Zemlya (core 3)

Не менее уникален деревянный маяк на возвышенной площадке мыса Желания о-ва Северный архипелага Новая Земля. Маяк установили в 1956 г. в 80 м от обрывистого берега. Конструкция маяка представляет собой каркас из бревен, соединенных между собой металлическими скобами. Общая высота маяка – 13 м.

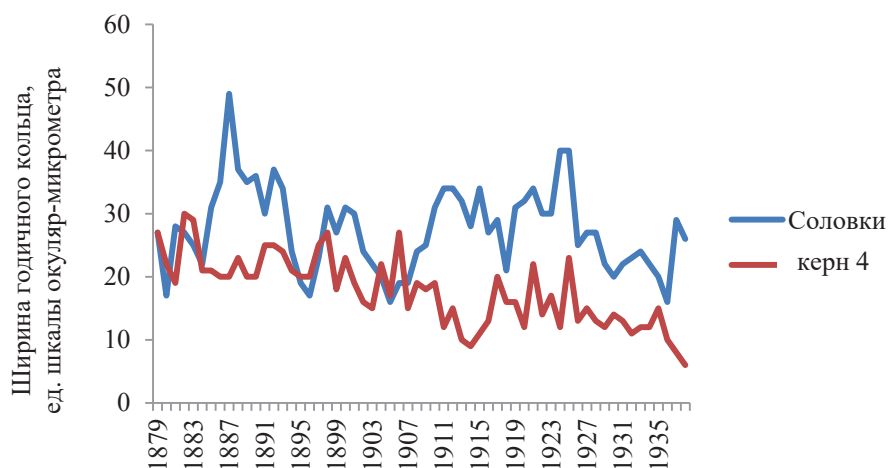


Рис. 5. Совмещенные дендрощкалы образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва и сруба дзота на м. Желания о-ва Северный, Новая Земля (кern 4)

Fig. 5. Combined dendroscales of wood samples from Bolshoy Solovetsky Island and the pillbox frame at Cape Zhelaniya, Severny Island, Novaya Zemlya (core 4)

Дендрошкала образца древесины, взятого из бревна в основании маяка (кern 7), имеет 60 % синхронности с дендрошкалой с Большого Соловецкого о-ва. Последние годовичные кольца датируются 1952 г. Следовательно, при строительстве маяка использовались новые материалы, доставленные на остров перед его началом (рис. 6).

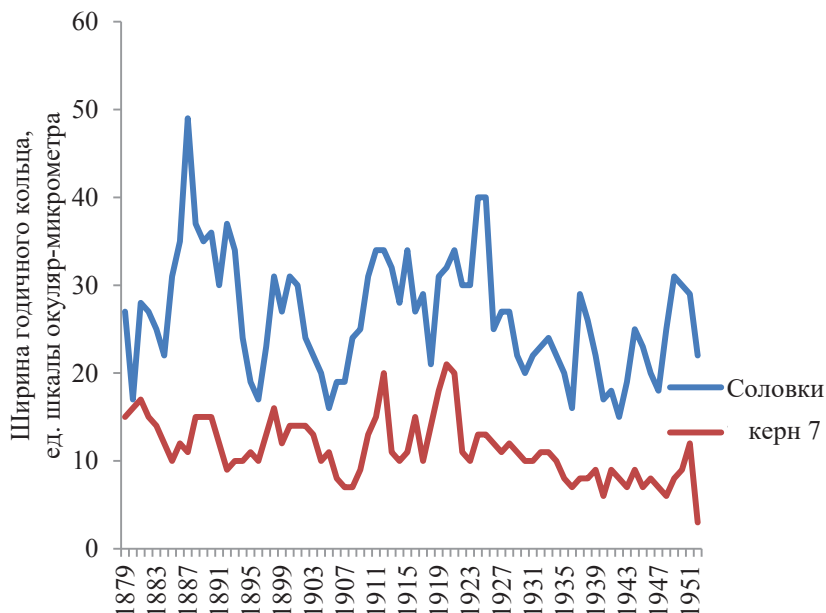


Рис. 6. Совмещенные дендрошкалы образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва и бревен основания маяка на м. Желания о-ва Северный, Новая Земля (кern 7)

Fig. 6. Combined dendroscales of wood samples from Bolshoy Solovetsky Island and logs of the lighthouse basement at Cape Zhelaniya, Severny Island, Novaya Zemlya (core 7)

Ключевой участок № 4 расположен в южной части побережья бух. Ледяная Гавань на северо-востоке о-ва Северный архипелага Новая Земля. Здесь в 1597–1598 гг. провел последнюю зимовку В. Баренц. Это историческое место с 1979 по 2009 г. после экспедиций Э. Карлсена (1871 г.) и Б.В. Милорадовича (1933 г.) посещалось участниками экспедиции Д.Ф. Кравченко, которые возвели на побережье два строения [24].

Первый образец древесины (кern 7) был взят из бревна сруба незаконченного строения. Возраст последних годовичных колец образцов древесины датируется 1938 г. (рис. 7). Коэффициент синхронности дендрошкал образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва и древесины из сруба недостроенного строения составил 58 %.

На берегу бух. Ледяная Гавань, чуть дальше от берега и от недостроенного сруба находится относительно «современное» строение, крыша которого покрыта армированной полиэтиленовой пленкой, окна заколочены, а на дверях висит замок. Рядом лежат «свежие» доски, сложенные в штабель.

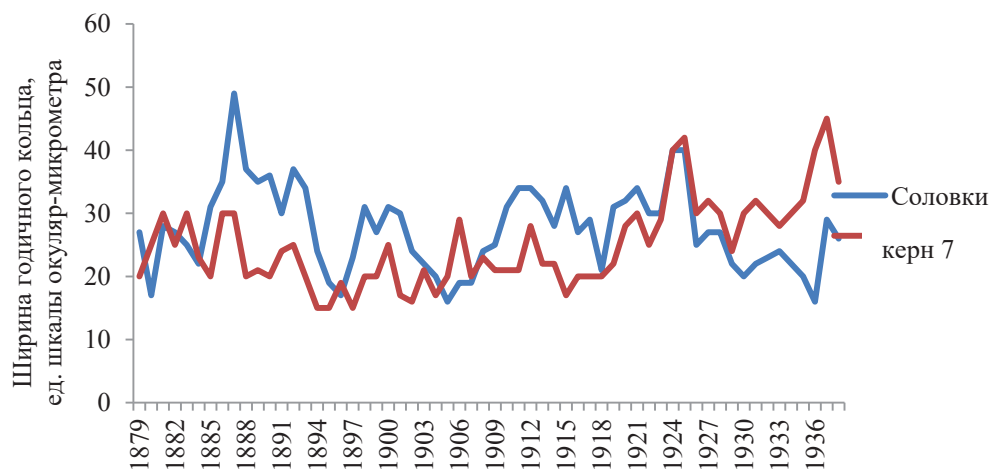


Рис. 7. Совмещенные дендрощкалы образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва и недостроенного строения на побережье бух. Ледяная Гавань на о-ве Северный, Новая Земля (кern 7)

Fig. 7. Combined dendroscales of wood samples from Bolshoy Solovetsky Island and the half-finished building on the coast of Ledyanaya Gavan' Bay, Severnyy Island, Novaya Zemlya (core 7)

Была сделана попытка оценить примерное время постройки данного строения. Степень синхронности дендрощкалы образца древесины (кern 3) и образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва составила 65 %. Возраст последних годовичных колец образца древесины датируется 1991 г. (рис. 8).

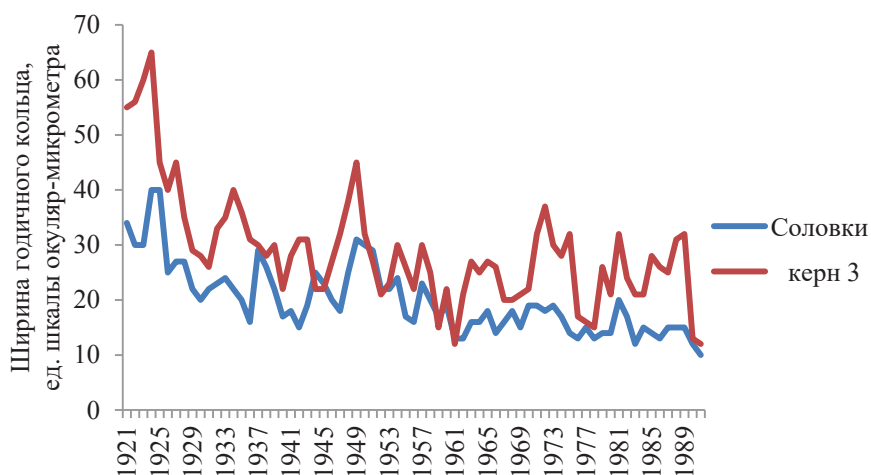


Рис. 8. Совмещенные дендрощкалы образцов древесины с Большого Соловецкого о-ва и достроенного строения на побережье бух. Ледяная Гавань на о-ве Северный, Новая Земля (кern 3)

Fig. 8. Combined dendroscales of wood samples from Bolshoy Solovetsky Island and a completed building on the coast of Ledyanaya Gavan' Bay, Severnyy Island, Novaya Zemlya (core 3)

Существенные различия возраста древесины из срубов на побережье бух. Ледяная Гавань (1938 г. и 1991 г.) позволяют предположить, что для их возведения участники экспедиции в 2009 г. использовали разновозрастные бревна из плавника, которые в большом количестве встречаются на ее берегу.

Заключение

Исследования, проведенные на арктических островах в период экспедиции «Арктический плавучий университет – 2013», представляют собой эксперимент по применению дендрохронологического метода датирования годичных колец бревен из деревянных строений с целью определения времени их постройки. Выбор ключевых участков в местах с сохранившейся историей их создания обусловлен проверкой полученных результатов, что очень важно для подтверждения их объективности.

Проведенные на основе дендрохронологического метода исследования открывают большие возможности при определении возраста безымянных деревянных объектов в Арктике. На арктических островах сохранились остатки деревянных строений, время строительства которых неизвестно. Эти «безымянные» свидетели очень важны для восстановления истории освоения Арктики и являются ценными объектами историко-культурного наследия.

Дендрохронологический метод определения возраста древесины строений позволяет установить возможное время их сооружения, выявить их значимость в истории арктических открытий, необходимость и возможность реконструкции для сохранения и практического использования в качестве объектов историко-культурного наследия при организации арктических туристических маршрутов.

В результате определены даты строительства: на о-ве Вайгач строение датируется 1945 г., на о-ве Гуккера (Земля Франца-Иосифа) – постройки 1936 г., бывшая баня на м. Желания (Новая Земля) – 1935 г., сруб дзота (там же) – 1938 г., маяк (там же) – 1952 г., сруб на берегу бух. Ледяная Гавань (Новая Земля) – 1938 г., относительно «современное» строение (там же) датируется 1991 г. Дата строительства маяка из исторических документов 1954 г., а датирование по годичным кольцам показывает, что бревна были срублены в 1952 г. и они, вероятно, были завезены заранее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Адаменко М.Ф. Динамика прироста лиственницы как индикатор термического режима летних сезонов в Горном Алтае // Региональные географические исследования в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1978. С. 20–23. [Adamenko M.F. Dynamics of Larch Increment as an Indicator of the Thermal Regime of Summer Seasons in the Altai Mountains. *Regional Geographic Research in Western Siberia*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1978, pp. 20–23].

2. Битвинская Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 172 с. [Bitvinskaya T.T. *Dendroclimatic Research*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 172 p.].

3. Боярский П.В. История освоения арктического архипелага Новая Земля: моногр. / под общ. ред. К.С. Зайкова. Архангельск: САФУ, 2015. 100 с. [Boyarskiy P.V. *The History of Development of the Arctic Archipelago of Novaya Zemlya*: Monograph. Ed. by K.S. Zaykov. Arkhangelsk, NArFU Publ., 2015. 100 p.].

4. Гаврило М., Ермолов Е. Проблемы выявления и сохранения историко-культурного наследия Арктики: пример с Земли Франца-Иосифа // Охраняется государством. 2015. № 3. С. 16–35. [Gavrilo M., Ermolov E. Problems of Identification and Preservation of Historical and Cultural Heritage of the Arctic: Case Study from Franz Josef Land. *Okhranyayetsya gosudarstvom*, 2015, no. 3, pp. 16–35].

5. Еремеев И.И., Дзюба О.Ф. Очерки исторической географии лесной части Пути из варяг в греки // Археологические и палеогеографические исследования между Западной Двиной и озером Ильмень. СПб.: Нестор-История, 2010. С. 158–161. [Eremeev I.I., Dzyuba O.F. Essays on Historical Geography of the Forest Part of the Trade Route from the Varangians to the Greeks. *Archaeological and Paleogeographic Studies between the Western Dvina and Lake Ilmen*. Saint Petersburg, Nestor-Istoriya Publ., 2010, pp. 158–161].

6. Комин Г.Е. Цикличность в динамике прироста деревьев и древостоев сосны таежной зоны Западной Сибири // Изв. СО АН СССР. Сер.: Биол. науки. 1970. № 15. Вып. 3. С. 36–44. [Komin G.E. Cyclicality in the Dynamics of Increment of Pine Trees and Stands of the Taiga Zone of Western Siberia. *Izvestiya sibirskogo otdeleniya akademii nauk SSSR. Seriya biologicheskikh nauk*, 1970, , iss. 3, no. 15, pp. 36–44].

7. Комин Г.Е., Пьянков Ю.А., Шиятов С.Г. Определение сходства между дендрохронологическими рядами // Экология. 1973. № 4. С. 29–34. [Komin G.E., P'yankov Y.A., Shiyatov S.G. Assessment of Similarities of Dendrochronological Series. *Ekologia [Soviet Journal of Ecology]*, 1973, vol. 4, no. 4, pp. 29–34].

8. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г. Физиология древесных растений. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 421 с. [Lir Kh., Pol'ster G., Fidler G. *Physiology of Woody Plants*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1974. 421 p.].

9. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. Л.: Наука, 1979. 232 с. [Lovelius N.V. *Variability of Trees Increment. Dendroindication of Natural Processes and Anthropogenic Influences*. Leningrad, Nauka Publ., 1979. 232 p.].

10. Пинаевская Е.А. Влияние климатических параметров на формирование радиального прироста сосны на северной границе ареала Европейского Севера России // Вестн. КрасГАУ. 2018. № 2(137). С. 208–214. [Pinaevskaya E.A. The Influence of Climatic Parameters on the Formation of Radial Growth of the Pine on the North Border of the Area of European North of Russia. *Vestnik KrasGAU [The Bulletin of KrasGAU]*, 2018, no. 2(137), pp. 208–214].

11. Тарханов С.Н., Пинаевская Е.А., Аганина Ю.Е. Адаптивные реакции морфологических форм сосны (*Pinus sylvestris* L.) в стрессовых условиях северной тайги (на примере Северо-Двинского бассейна) // Сиб. экол. журн. 2018. Т. 25, № 4. С. 425–437. [Tarkhanov S.N., Pinaevskaya E.A., Aganina Y.E. Adaptive Responses of Morphological Forms of the Pine (*Pinus sylvestris* L.) under Stressful Conditions of the Northern Taiga (in the Northern Dvina Basin). *Sibirskiy Ekologicheskii Zhurnal [Contemporary Problems of Ecology]*, 2018, vol. 25, no. 4, pp. 425–437]. DOI: [10.15372/SEJ20180404](https://doi.org/10.15372/SEJ20180404)

12. Шиятов С.Г. Сверхвековой цикл в колебаниях индексов прироста лиственницы (*Larix sibirica*) на полярной границе леса // Биоэкологические основы дендрохронологии: материалы к симп. XII-го Междунар. ботан. конгресса, Ленинград, июль 1975. Вильнюс-Ленинград, 1975. С. 47–53. [Shiyatov S.G. Supersecular Cycle in Fluctuations in the Growth Indices of Larch (*Larix sibirica*) at the Polar Border of the Forest. *Bioecological Foundations of Dendrochronology: Materials to the Symposium of the 12th International Botanical Congress. Leningrad, July, 1975*. Vilnius, 1975, pp. 47–53].

13. Шиятов С.Г. Дендрохронологические ряды Северо-Востока европейской части СССР // Дендроклиматологические шкалы Советского Союза. Ч. II. Каунас, 1981. С. 80–86. [Shiyatov S.G. Dendrochronological Series of Northeast of the European Part of the USSR. *Dendroclimatological Scales of the Soviet Union. Part 2*. Kaunas, 1981, pp. 80–86].

14. Феклистов П.А. К методике установления сходства дендрохронологических рядов // Тез. докл. III Всесоюз. конф. «Дендроклиматические исследования в СССР». Архангельск: АЛТИ, 1978. С. 71–72. [Feklistov P.A. On the Method of Recognizing Similarities of Dendrochronological Series. *Abstracts of the 3rd All-Union Conference "Dendroclimatic Research in the USSR"*. Arkhangelsk, ALTI Publ., 1978, pp. 71–72].
15. Bréda N., Badeau V. Forest Tree Responses to Extreme Drought and Some Biotic Events: Towards a Selection according to Hazard Tolerance? *Comptes Rendus Geoscience*, 2008, vol. 340, iss. 9-10, pp. 651–662. DOI: [10.1016/j.crte.2008.08.003](https://doi.org/10.1016/j.crte.2008.08.003)
16. Dobbertin M.K., Braecker O.U. Tree Rings and People. *International Conference on the Future of Dendrochronology*. Switzerland, WSL, 2001, pp. 252–253.
17. Glock W.S. A Rapid Method of Correlation for Continuous Time Series. *American Journal of Science*, 1942, vol. 240, no. 6, pp. 437–442. DOI: [10.2475/ajs.240.6.437](https://doi.org/10.2475/ajs.240.6.437)
18. Huber B. Über die Sicherheit jahringschronologischer Datierung. *Holz als Roh- und Werkstoff* [European Journal of Wood and Wood Products], 1943, Bd. 6, N. 10/12, S. 263–268. DOI: [10.1007/BF02603303](https://doi.org/10.1007/BF02603303)
19. Hustich J. Correlation of Tree-Ring Chronologies of Alaska, Labrador and Northern Europe. *Acta Geographica*, 1956, vol. 15, no. 3, pp. 3–26.
20. Kempes C.P., Myers O.B., Breshears D.D., Ebersole J.J. Comparing Response of *Pinus edulis* Tree-Ring Growth to Five Alternate Moisture Indices Using Historical Meteorological Data. *Journal of Arid Environments*, 2008, vol. 72, iss. 4, pp. 350–357. DOI: [10.1016/j.jaridenv.2007.07.009](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.07.009)
21. Linderholm H.M., Moberg A., Grudd H. Peatland Pines as Climate Indicators? A Regional Comparison of the Climatic Influence on Scots Pine Growth in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 2002, vol. 32, no. 8, pp. 1400–1410. DOI: [10.1139/x02-071](https://doi.org/10.1139/x02-071)
22. Mazepa V.S. Stand Density in the Last Millennium at the Upper Tree-Line Ecotone in the Polar Ural Mountains. *Canadian Journal of Forest Research*, 2005, vol. 35, no. 9, pp. 2082–2091. DOI: [10.1139/x05-111](https://doi.org/10.1139/x05-111)
23. Shiyatov S.G. Rates of Change in the Upper Treeline Ecotone in the Polar Ural Mountains. *PAGES News*, 2003, vol. 11, no. 1, pp. 8–10. DOI: [10.22498/pages.11.1.8](https://doi.org/10.22498/pages.11.1.8)
24. Vitas A. Dendroclimatological Research of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Baltic Coastal Zone of Lithuania. *Baltic Forestry*, 2004, vol. 10, no. 1, pp. 65–71.
25. Yarmishko V.T. Radial Growth of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in Varied Environment Influenced by Air Pollution in the European North of Russia. *Forestry Ideas*, 2015, vol. 21, no. 2, pp. 375–383.

DENDROCHRONOLOGICAL STUDIES OF WOOD AT HISTORICALLY SIGNIFICANT SITES OF THE ARCTIC

P.A. Feklistov¹, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [AAC-2377-2020](https://orcid.org/0000-0001-8226-893X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8226-893X>

N.M. Byzova², Candidate of Geography, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAS-9212-2020](https://orcid.org/0000-0003-3493-092X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3493-092X>

A.I. Pashkevich³, Doctor of Geography, Prof.; ResearcherID: [AAS-3167-2020](https://orcid.org/0000-0001-8134-5999),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8134-5999>

E.V. Sazanova², Candidate of Economics, Assoc. Prof.; ResearcherID: [G-8650-2019](https://orcid.org/0000-0001-5731-7517),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5731-7517>

A.N. Sobolev⁴, Candidate of Agriculture; ResearcherID: [AAS-3366-2020](https://orcid.org/0000-0002-7961-8318),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7961-8318>

¹N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research UB RAS, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 109, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation; e-mail: pfeklistov@yandex.ru

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: n.byzova@narfu.ru

³School of Technology and Business Studies, Dalarna University, Högskollegatan 2, Falun, SE-791 88, Sweden; e-mail: alp@du.se

⁴Solovki State Historical, Architectural and Natural Museum-Reserve, pos. Solovki, Arkhangelsk Region, 164070, Russian Federation; e-mail: alex-sobol@mail.ru

Studies of wood in the Arctic were carried out on Vaygach Island, Hooker Island (Franz Joseph Land) and Novaya Zemlya. During the expedition “Arctic Floating University – 2013”, wood samples (cores) were taken from the buildings in key areas of the Arctic islands. Conforming to the wood samples we constructed tree-ring series and obtained floating chronologies, which were linked to dendroscales of standing trees with known year of each annual ring formation. Crossdating of floating chronologies was performed as follows. Dendroscale and floating chronology were overlapped and the synchronicity coefficient was calculated, then the dendroscale was shifted for a year and the coefficient was calculated again; the procedure was repeated until all possible options were checked. Visual similarity was assessed and the annual rings of floating chronology were dated based on the results with the maximum synchronicity coefficient, and the object was dated by the outermost ring. The year of formation of each annual ring of the buildings logs was determined by the dendrochronological method, resulting in assumption of the time of their construction, taking into account that it occurred a year or two after the tree felling. All the studied objects were located in areas with preserved history of their creation, which is highly important for confirming the objectivity of the obtained results. The dates of the buildings were determined as follows: Vaigach Island, 1945; Hooker Island (Franz Josef Land), 1936; the former bathhouse on Cape Zhelaniya (Novaya Zemlya), 1935; timber from the pillbox, 1938; the lighthouse, 1952; the frame on the coast of Ledyanaya Gavan’ Bay (Novaya Zemlya), 1938; a relatively modern building on the coast of the bay, 1991. Interesting to note that according to the obtained historical records the Lighthouse was built in year 1954, while dating by annual rings shows that the logs were in 1952 and they were probably imported in advance. The years for the construction research based on the use of the dendrochronological method opens up great opportunities at determining the age of unnamed wooden in the Arctic.

For citation: Feklistov P.A., Byzova N.M., Pashkevich A.I., Sazanov E.V., Sobolev A.N. Dendrochronological Studies of Wood at Historically Significant Sites of the Arctic. *Lesnoy zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 3, pp. 106–118. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-106-118

Funding: The research was carried out within the framework of the state assignment of the N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, UB RAS (project No. 0409-2019-0039; No. ГП AAA -A18-118011690221-0).

Keywords: dendrochronological method of study, dendroscales, the Arctic, historical and cultural heritage sites, floating chronology.

Поступила 14.08.19 / Received on August 14, 2019
