

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ И ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Станислав Павлович АРЕФЬЕВ¹

Арсений Юрьевич АНТОНЮК²

УДК 574.42:51-76

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТУНДРИНСКОГО КЕДРОВОГО БОРА (ХМАО-ЮГРА)*

¹ доктор биологических наук, заведующий сектором биоразнообразия и динамики природных комплексов, Институт проблем освоения Севера, Тюменский научный центр СО РАН; ведущий научный сотрудник, Международный институт криологии и криософии, Тюменский государственный университет
sp_arefyev@mail.ru

² младший научный сотрудник сектора биоразнообразия и динамики природных комплексов, Институт проблем освоения Севера, Тюменский научный центр СО РАН
antarseni@yandex.ru

Аннотация

Проведена дендрохронологическая оценка состояния Тундринского кедрового бора — уникального по орехопродуктивности и ландшафтно-эстетическому значению кедровника с перспективой придания ему статуса памятника природы. Показано, что рассматриваемый кедровник возрастом около 155 лет начал расти после известных по историческим источникам пожаров 1860-х гг. К 1890 г. он испытал характерную для

* Работа выполнена по госзаданию: проект № АААА-А17-117050400146-5.

Цитирование: Арефьев С. П. Дендрохронологическая оценка состояния Тундринского кедрового бора (ХМАО-Югра) / С. П. Арефьев, А. Ю. Антонюк // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2019. Том 5. № 1. С. 44-55. DOI: 10.21684/2411-7927-2019-5-1-44-55

припоселковых кедровников региона вырубку сопутствующих пород и в дальнейшем имел в целом устойчивое развитие под влиянием главным образом естественных ценологических факторов и природных циклов. Выявлены основные циклы, управляющие ростом кедр, продолжительностью в среднем 4,1, 6,7, 10,6, 13, 18,6, 22, 44 и 85 лет, имеющие солнечную либо планетарную приливно-отливную природу. Последний минимум прироста кедровника, обусловленный наложением неблагоприятных фаз ряда климатических циклов, пришелся на 2012 г. и не повлек существенных негативных изменений древостоя. Судя по дендрохронологическим показателям прироста и устойчивости, на момент исследования в августе 2018 г. кедровник находился в хорошем фитосанитарном состоянии. Выводы по работе сделаны на основе сравнительного анализа дендрохронологических параметров многолетней (векового масштаба) динамики производительности и устойчивости кедрового древостоя. Данный методический подход на территории ХМАО-Югры используется впервые. Учитывая мировой опыт дендрохронологии, проведенное исследование показывает важность проведения дендрохронологической реконструкции и мониторинга состояния природных объектов, в частности, для придания им статуса особо охраняемых природных территорий.

Ключевые слова

Кедровые леса, памятники природы, дендрохронологические методы, радиальный прирост, экологическая устойчивость, природные циклы, Западная Сибирь.

DOI: 10.21684/2411-7927-2019-5-1-44-55

Введение

Первые научные описания кедровников (*Pinus sibirica*) в пределах современной территории ХМАО-Югры были сделаны А. А. Дуниным-Горкавичем более века назад [3]. Кедровому промыслу посвящена отдельная глава написанного им трехтомника. По оценкам автора, кедровый промысел был четвертым по значению на Тобольском Севере (после рыболовства, охоты и оленеводства), а в бассейне р. Вах и по левобережью Оби он мог выходить на третье место. Средняя добыча ореха в Сургутском крае оценивалась в 12-15 тыс. пудов, до 19,1 тыс. пудов в урожайные годы. По нашим расчетам, сделанным на основе данных А. А. Дунина-Горкавича, промысел белки — самого надежного источника дохода хантов в Сургутском крае — оценивался в среднем в 35 тыс. руб., а промысел кедрового ореха — в 20 тыс. руб. В настоящее время организованная заготовка кедрового ореха в ХМАО составляет около 3 т в год.

Кедровый промысел велся как в кондовых высокоствольных кедровниках, где орех добывался с помощью колота, так и в более «плодовитых» чащевых, состоящих из толстых кряжистых кедров, где велся менее эффективный лазовый промысел. А. А. Дунин-Горкавич резко выступал против нередкой в то время рубки чащевых кедров с целью сбора шишек. Также он указывал на большой урон, нанесенный кедровникам пожарами 1826 г., конца 1840-х и 1860-х гг. Исследователь приводит сведения о 24 лучших промысловых кедровниках, рас-

полагавшихся в основном в Сургутском уезде. Большинство из них в дальнейшем было повреждено пожарами или рубками военной поры. Частично сохранились или восстановились на их месте известные ныне Ватинский, Чеускинский, Тундринский кедровники. По околицам они имеют вид чащевых кедровников припоселкового типа с урожайностью ореха до 200-300 кг/га. Уникальные припоселковые кедровники сохранились у д. Чембакчиной (урочище «Черчина»), Нялиной, у пос. Востыхой. Упомянутый А. А. Дуниным-Горкавичем лучший на Конде Нахрачинский кедровник после пожара восстановился у д. Ильичевки (до революции — д. Есауловой), с 2008 г. он стал памятником природы.

Эти припоселковые кедровники явились прообразом создаваемых ныне в Югре кедросадов. Первый опытный участок по формированию кедросада был заложен в мае 1984 г. в 199 кв. Правдинского лесничества (у д. Чембакчины) под руководством сотрудника Тюменской лесной опытной станции ВНИИЛМ П. П. Попова. Работы были продолжены в 1984-1990 гг. на стационаре «Тренька» в Ханты-Мансийском лесхозе, в Сосьвинском лесничестве Березовского лесхоза, в Сартъеганском (пос. Зайцева Речка) лесничестве Нижневартовского лесхоза. В результате работ в 1986 г. вышли первые «Рекомендации по формированию кедровых насаждений орехопромыслового назначения» [8].

Целью настоящего исследования является дендрохронологическая характеристика Тундринского кедрового бора, рассматриваемого в качестве перспективного памятника природы регионального значения [5, 6].

Основная часть

Материал и методы

Урочище «Тундринский кедровый бор» общей площадью 5 891 га находится на острове между р. Обью и ее протокой Юганской Обью в юго-западной части Сургутского участкового лесничества Департамента лесного хозяйства по ХМАО-Югре. Вероятно, кедровник образовался в 1860-х гг. после масштабных лесных пожаров в Югорском крае, последствия которых описаны И. С. Поляковым во время его путешествия в долину р. Оби в 1876 г. [7]. В 1868-1869 гг. в д. Тундриной (Майорской) числилось 16 хозяйств, население составляло 78 человек [4].

Преобладающий тип леса в урочище — зеленомошно-черничный IV бонитета (с избыточно увлажненными участками кустарничково-мшистого типа V бонитета), средняя полнота древостоя 0,9, высота 21 м, толщина 30,5 см. Минимальная толщина ствола 9,4 см, максимальная — 45,5 см. По визуальной оценке состояние кедровника хорошее, но на деревьях средних ступеней толщины имеются старые колотобоины.

В ходе дендрохронологического исследования 25.08.2018 взяты керны в количестве 6-7 шт. из 33 деревьев кедрового бора каждого роста по классификации Крафта: I — исключительно господствующие (средняя толщина ствола 43,7 см), II — господствующие (36,1 см), III — согосподствующие (28,5 см), IV — угнетенные (20,9 см), V — отмирающие (13,3 см). Подсчет годичных колец показал, что возраст кедрового бора в основной части массива приблизительно одинаковый — 155-160 лет.

Из каждого дерева с помощью бурава Пресслера на высоте 0,5 м керны взяты по двум противоположным радиусам, что позволило составить обобщенные древесно-кольцевые хронологии как по деревьям разного класса роста, так и по кедровнику в целом. После зачистки и контрастирования мелом поперечной поверхности кернов ширина колец была измерена под микроскопом, полученные с отдельных радиусов древесно-кольцевые хронологии (ДКХ) подвергнуты процедуре перекрестной датировки [10, 12].

Поскольку использовались деревья одного возраста и одного ценотического статуса, обобщенные хронологии абсолютной ширины колец W (радиального прироста), включающие возрастную компоненту прироста, рассчитаны по средней арифметической.

Рассчитывали также устойчивость структуры древостоя, определяемую его адаптацией к механическим (ветровым) нагрузкам. Наибольшей механической устойчивостью характеризуется равномерная ненарушенная структура сомкнутого древостоя, что соответствует низкому уровню коэффициента вариации V ширины колец составляющих его деревьев. Неустойчивые древостои характеризуются высокими значениями V .

Цикличность прироста кедра в урочище устанавливали на стандартизованных рядах, т. е. на приведенных к наиболее общему виду путем вычета возрастной составляющей [11, 12]. Для стандартизации ДКХ ряды прироста с каждого отдельного радиуса преобразованы путем расчета соотношений ширины смежных колец (центрированный коэффициент чувствительности):

$$k_{t+1} = (w_t - w_{t+1}) / (w_t + w_{t+1}),$$

где k — коэффициент чувствительности, w — ширина кольца в год t . После обобщения индивидуальных рядов чувствительности k средней арифметической проводилась их кумуляция с формированием ряда кумулят C и восстановление относительной ширины колец $\hat{W} = 10^C$, не содержащей искажений, вызываемых концевыми эффектами. По ряду относительной ширины колец \hat{W} рассчитывали индексы ширины колец методом двойного экспоненциального сплайна [2].

Для выявления цикличности трудноформализуемых ДКХ, характерных для таежной зоны Тюменской области, использована разновидность метода линейных фильтров [1], основанная на скользящей корреляции ряда дендрохронологических параметров, например ширины колец w с линейным рядом их дат t . Взят коэффициент корреляции Пирсона $r = r(W; t)$, изменяющий свое значение и знак соответственно наклону ряда в окне скользящего окна. Значение r соотносится с конечной датой окна скользящего окна, рассчитываются два ряда r , от начала и от конца исходного ряда, а затем их среднее (или минимальное) значение R , в результате чего ряды W и R имеют равную протяженность. Величина окна является фильтром для выделения в исходной ДКХ разных частотных компонент. Брали фильтры длиной от 3-5 до 21 года. Для определения длины (периода) циклов использовали также автокорреляцию и спектральный анализ Фурье в пакете Statistica 10.

Анализ обобщенных рядов прироста и устойчивости кедр

Обобщенная хронология радиального прироста кедр и его изменчивости (рис. 1) показывает сравнительно стабильный ход роста кедровника в течение времени его существования, в целом вписывающийся в типичную кривую хода роста древостоя. В начальный 10-летний период непосредственно после пожара на удобренной прогреваемой почве кедр давал высокий прирост (в среднем до 1,7 мм). Затем по причине усилившейся конкуренции с лиственными породами прирост кедр снижался до 1886-1890 гг., в течение которых, вероятно, лиственные породы были вырублены жителями разрастающейся деревни. Такие рубки типичны для формирования припоселковых кедровников Западной Сибири.

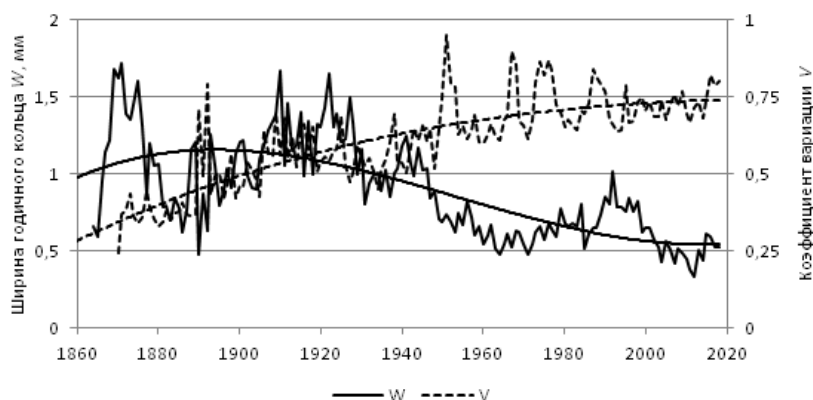


Рис. 1. Обобщенная хронология радиального прироста кедр W и его изменчивости V (со сглаживанием)

Fig. 1. The generalized chronology of a radial gain of a cedar of W and its variability of V (with smoothing)

После осветления прирост кедр усилился и достиг своего максимума в 1910-1920-х гг. (вновь до 1,7 мм). Далее кедр вступил в фазу активного семенения, соответственно, прирост стал постепенно уменьшаться до величины порядка 0,5 мм к настоящему времени. Небольшое временное увеличение прироста фиксируется также во второй половине 1980-х — 1990-е гг., что, вероятно, связано с некоторым изреживанием кедровника в неблагоприятный 1985 г. Судя по минимумам прироста, неблагоприятными для кедровника были 1890, 1931, 1971, 1985 и 2012 г. Особенно неблагоприятным был сухой и жаркий 2012 г.

Как видно по кривой изменчивости прироста древостоя, наибольшие перестройки в структуре древостоя происходили вследствие вырубке сопутствующих пород 1886-1890 гг. и в засушливо-жаркую первую половину 1950-х гг., сопровождающуюся на всей территории ХМАО распространением пожаров и вредителей леса. В целом, однако, кривые изменчивости прироста V сравнительно плавная, что свидетельствует об отсутствии резких катаклизмов, влияющих на структуру древостоя; ее нарастание свидетельствует о естественной дифференциации статуса деревьев по ходу развития древостоя, проявляющейся в постепенном угнетении части деревьев вследствие конкурентной борьбы.

Анализ рядов прироста и устойчивости кедра по классам роста Крафта

Дифференциальное рассмотрение радиального прироста кедра по классам Крафта (рис. 2) показывает, что, хотя первоначально прирост деревьев в них был приблизительно одинаковым, к 1870 г. различия по ценотическому статусу уже намечались, и обозначившийся порядок ценотической иерархии деревьев в дальнейшем уже не менялся. Различия резко обозначились в период активного вегетативного роста в 1910-1920 гг. В дальнейшем деревья IV и V классов роста активного участия в сложении древостоя и семеношении не принимали, целесообразна была их вырубка. К настоящему времени наблюдается сближение показателей радиального прироста деревьев I, II и III классов Крафта, входящих в верхний полог древостоя. Это свидетельствует о вступлении древостоя в длительную стационарную фазу развития, в ходе которой деревья этих ценотических классов при отсутствии экзогенных вмешательств сохраняют свой нынешний статус, а деревья IV и V классов постепенно погибают.

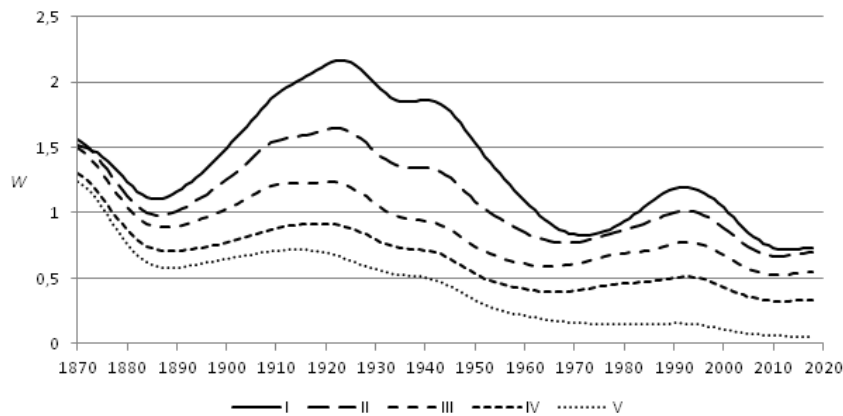


Рис. 2. Радиальный прирост кедра W (мм) по классам Крафта (со сглаживанием)

Fig. 2. A radial gain of a cedar of W (mm) on Kraft's classes (with smoothing)

Дифференциальный анализ изменчивости прироста кедра по классам Крафта показывает (рис. 3), что в 20-летний период после вырубki сопутствующих пород 1886-1890 гг. наибольшими различиями по приросту характеризовались деревья высших классов Крафта, особенно I. Именно среди них были деревья, получившие тогда наибольшие преимущества в росте. В дальнейшем, с 1930-х по 1980-е гг., статус деревьев внутри ценотических классов Крафта оставался стабильным, а для деревьев I, II и III классов он остается стабильным до сих пор, что говорит об устойчивости структуры основного верхнего яруса кедровника. Существенное влияние неблагоприятных условий 1985 г. испытали только угнетенные деревья IV и V классов; некоторые из них еще более ослабли, другие сохранили свой статус внутри группы. Поэтому изменчивость прироста в этих группах в последние годы усилилась, в них происходит отпад деревьев.

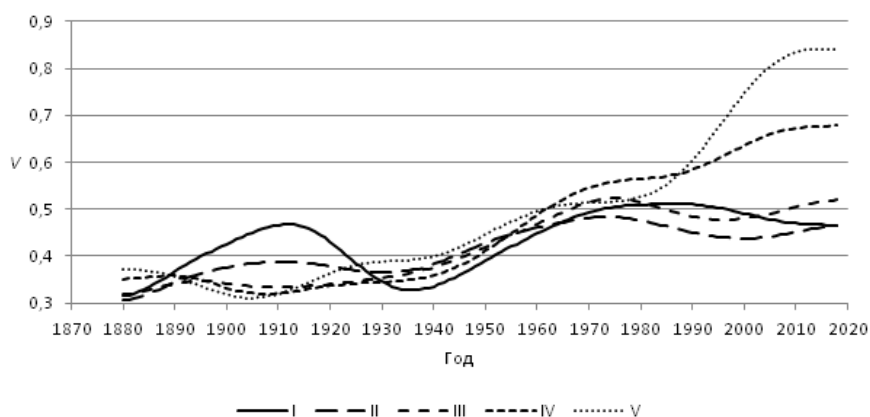


Рис. 3. Изменчивость радиального прироста кедрового бора V по классам Крафта (со сглаживанием)

Fig. 3. Variability of a radial gain of a cedar of V on Kraft's classes (with smoothing)

Анализ цикличности рядов прироста кедрового бора

Для оценки современного состояния Тундринского кедровника определены также естественно-циклические составляющие прироста кедрового бора. Для этого сходные ряды абсолютной ширины годовых колец подвергались процедуре стандартизации методом двойного экспоненциального сплайна, обобщению и обработке методом линейных фильтров разной длины. Выявлены основные циклы, управляющие ростом кедрового бора, продолжительностью в среднем 4,1, 6,7, 10,6, 13, 18,6, 22, 44 и 85 лет (рис. 4). Все они известны по литературным источникам [9] и имеют солнечную либо планетарную приливно-отливную природу. Примечательно, что наиболее длинные циклы солнечной активности (44 и 85 лет) с 2010-х гг. находятся в отрицательной фазе по влиянию на прирост кедрового бора, в такой же отрицательной фазе в 2012-2014 гг. находился 11-летний цикл солнечной активности Вольфа и приливно-отливные циклы продолжительностью около 19 и 22 лет. Таким образом, 2012 г., находящийся в минусе по всем основным циклам, оказался наиболее критическим для состояния кедровника по стечению естественных природных факторов (как и начало 1930-х и 1950-х гг., 1985 г.) (рис. 5).

Заключение

Таким образом, проведенные дендрохронологические исследования показали, что Тундринский кедровый бор возрастом около 155 лет начал расти после известных по историческим источникам пожаров 1860-х гг. К 1890 г. он испытал характерную для припоселковых кедровников региона вырубку сопутствующих пород и в дальнейшем имел в целом устойчивое развитие под влиянием главным образом естественных ценотических факторов и природных циклов. Выявлены основные циклы, управляющие ростом кедрового бора, продолжительностью в среднем 4,1, 6,7, 10,6, 13, 18,6, 22, 44 и 85 лет, имеющие

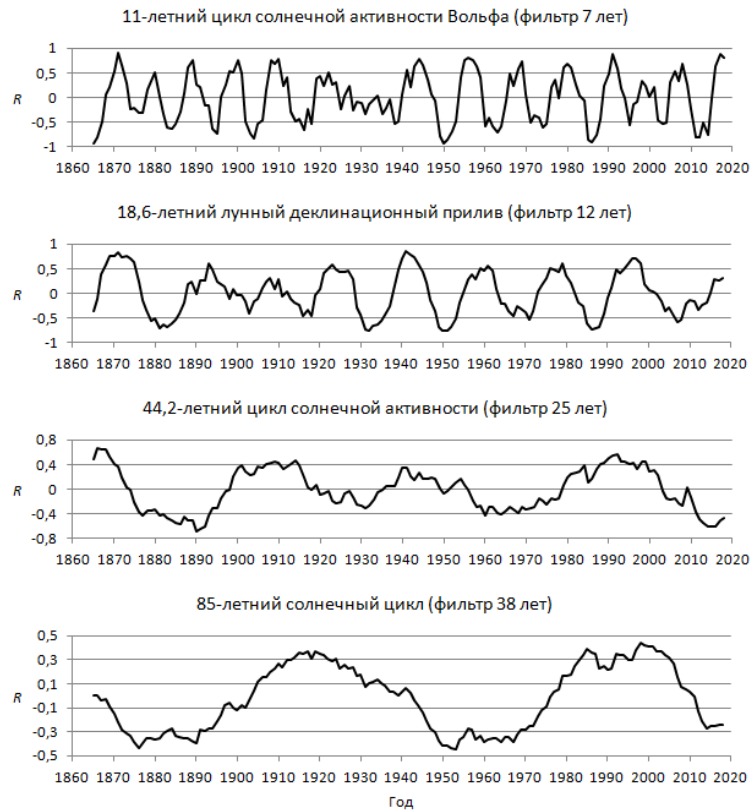


Рис. 4. Некоторые природные циклы, выявленные в древесно-кольцевых хронологиях Тундринского кедровника методом линейных фильтров

Fig. 4. Some natural cycles revealed in wood and ring chronology of the Tundrinskiy cedar pine forest by method of linear filters

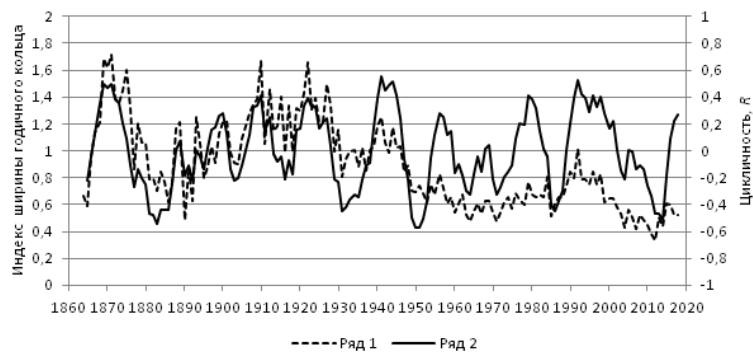


Рис. 5. Хронология радиального прироста кедр (ряд 1) и наложение на нее равнодействующей выявленных природных циклов длиной 11, 13, 19, 22, 44 и 85 лет (ряд 2)

Fig. 5. Chronology of a radial gain of a cedar pine (row 1) and imposing on it equally effective the revealed natural cycles 11, 13, 19, 22, 44 and 85 years long (row 2)

солнечную либо планетарную приливно-отливную природу. Последний минимум прироста кедровника, обусловленный наложением неблагоприятных фаз ряда климатических циклов, пришелся на 2012 г. и не повлек существенных негативных изменений древостоя. Судя по рассмотренным дендрохронологическим показателями прироста и устойчивости, на момент исследования в августе 2018 г. кедровник находился в хорошем фитосанитарном состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Выпуск 1 / Дж. Бокс, Г. Дженкинс; пер. с англ. А. Л. Левшина. М.: Мир, 1974. 406 с.
2. Грешилов А. А. Математические методы построения прогнозов / А. А. Грешилов, В. А. Стакун, А. А. Стакун. М.: Радио и связь, 1997. 112 с.
3. Дунин-Горкавич А. А. Тобольский Север. Том 1. Общий обзор страны, ее естественных богатств и промышленной деятельности населения / А. А. Дунин-Горкавич. СПб.: Типография В. Киришбаума, 1904. X, [2], 281, 78 с.
4. Зайцева Е. А. История населенных пунктов Югры: краткий научно-популярный справочник / Е. А. Зайцева, В. П. Клюева, С. Н. Щербич. Ханты-Мансийск; М.: Перо, 2012. 176 с.
5. Залесов С. В. Кедровники Югры — вчера, сегодня, завтра / С. В. Залесов и др. Ханты-Мансийск: Печатное дело, 2012. 176 с.
6. О концепции развития и функционирования системы особо охраняемых природных территорий Ханты-Мансийского автономного округа — Югры на период до 2020 года: постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа — Югры от 12 июля 2013 г. № 245-п. URL: <http://docs.cntd.ru/document/460156102> (дата обращения: 07.03.2019).
7. Поляков И. С. Письма и отчеты о путешествии в долину р. Оби, исполненном по поручению Императорской академии наук / И. С. Поляков. СПб., 1877. 187 с.
8. Попов П. П. Рекомендации по формированию кедровых насаждений орехопромыслового назначения / П. П. Попов. М.: ВНИИЛМ, 1986. 12 с.
9. Шиятов С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале / С. Г. Шиятов. М.: Наука, 1986. 137 с.
10. Шиятов С. Г. Методы дендрохронологии. Часть 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации / С. Г. Шиятов, Е. А. Ваганов, А. В. Кирдянов, В. Б. Круглов, В. С. Мазепа, М. М. Наурзбаев, Р. М. Хантемиров. Красноярск: Красноярский государственный университет, 2000. 80 с.
11. Douglass A. E. Climatic Cycles and Tree Growth. Vol. 3. A Study of Cycles / A. E. Douglass. Washington: Carnegie Institution, 1936. 171 p.
12. Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences / ed. by E. R. Cook, L. A. Kairiukstis. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 1990. 394 p.

Stanislav P. AREFYEV¹
Arseniy Yu. ANTONYUK²

UDC 574.42:51-76

**DENDROCHRONOLOGICAL ASSESSMENT
OF A CONDITION OF THE TUNDRINSKIY CEDAR PINE FOREST
(KHANTY-MANSI AUTONOMOUS AREA — YUGRA)***

¹ Dr. Sci. (Biol.), Head of Sector of Biodiversity Dynamics and Natural Complexes, Institute of the Problems of Northern Development, Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Leading Researcher, the International Institute of Cryology and Cryosophy, University of Tyumen
sp_arefyev@mail.ru

² Junior Research Associate, Sector of Biodiversity Dynamics and Natural Complexes, Institute of the Problems of Northern Development, Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
antarseni@yandex.ru

Abstract

This article presents a dendrochronological assessment of the condition of the Tundrinskiy cedar pine forest. This natural boundary is unique for seed efficiency and landscape esthetically value. There is a prospect of giving of the status of a nature sanctuary to it. The authors show that the forest (about 155 years old) began growing after the fires of the 1860s, as known from historical sources. By 1890, the forest experienced logging of the accompanying breeds, as was characteristic for the region's cedar pine forests close to settlements.

* This research is performed within the state project No AAAA-A17-117050400146-5.

Citation: Arefyev S. P., Antonyuk A. Yu. 2019. "Dendrochronological assessment of a condition of the Tundrinskiy cedar pine forest (Khanty-Mansi Autonomous Area — Yugra)". Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 5, no 1, pp. 44-55.
DOI: 10.21684/2411-7927-2019-5-1-44-55

Furthermore, the forest had in general a sustainable development under the influence of mainly cenotic factors and natural cycles. The authors show the basic cycles operating growth of a cedar pine: 6.7, 10.6, 13.0, 18.6, 22, 44, and 85 years (4.1 on average) — which are either solar or planetary in their tidal nature. The latest minimum of the cedar forest gain, caused by imposing adverse phases of a number of climatic cycles, occurred in 2012, and it did not entail essential negative changes of a forest stand. It is the first time this methodical approach is used in the Khanty-Mansi Autonomous Area — Yugra. Judging by dendrochronological indicators of gain and balance, the cedar forest was in a good phytosanitary shape at the studied period in August 2018.

The authors' conclusions are based on the comparative analysis of the dendrochronological parameters long-term (century scale) loudspeakers of productivity and stability of a cedar forest stand not available by means of other methods. Considering world experience of a dendrochronology, the conducted research shows importance of carrying out dendrochronological reconstruction and monitoring of a condition of natural objects, in particular for giving of the status of especially protected natural territories to them.

Keywords

Cedar pine forests, nature sanctuaries, dendrochronology, radial gain, sustainable development, natural cycles, Western Siberia.

DOI: 10.21684/2411-7927-2019-5-1-44-55

REFERENCES

1. Box G., Jenkins G. M. 1974. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Vol. 1. Translated from English by A. L. Levshin. Moscow: Mir. [In Russian]
2. Greshilov A. A., Stakun V. A., Stakun A. A. 1997. Mathematical methods for building forecasts. Moscow: Radio i svyaz. [In Russian]
3. Dunin-Gorkavich A. A. 1904. Tobolsk North. Vol. 1. Overview of the country, its natural wealth and industrial activity of the population. Saint Petersburg: Tipografiya V. Kirshbauma. [In Russian]
4. Zaytseva Ye. A., Klyuyeva V. P., Shcherbich S. N. 2012. History of Yugra Settlements. Khanty-Mansiysk; Moscow: Pero. [In Russian]
5. Zalesov S. V. et al. 2012. Yugra Cedar Forests — Yesterday, Today, and Tomorrow. Khanty-Mansiysk: Pechatnoye delo. [In Russian]
6. Khanty-Mansi Autonomous Area — Yugra Government Decree of 12 July 2013 No 245-p “On the concept of development and functioning of the system of specially protected natural territories of the Khanty-Mansi Autonomous Area — Yugra up to 2020”. Accessed 7 March 2019. <http://docs.cntd.ru/document/460156102> [In Russian]
7. Polyakov I. S. 1877. Letters and reports on the journey to the valley of the River Ob, executed on behalf of the Imperial Academy of Sciences. Saint Petersburg. [In Russian]

8. Popov P. P. 1986. Recommendations on the Formation of Cedar Plantations of the Nut-Farming Purpose. Moscow: VNIILM. [In Russian]
9. Shiyatov S. G. 1986. Dendrochronology of the forest upper boundary in the Urals. Moscow: Nauka. [In Russian]
10. Shiyatov S. G., Vaganov Ye. A., Kirilyanov A. V., Kruglov V. B., Mazepa V. S., Naurzabayev M. M., Khantemirov R. M. 2000. Dendrochronological Methods. Part 1. Basics of dendrochronology. Collecting and receiving tree-ring information. Krasnoyarsk: Krasnoyarskiy gosudarstvennyy universitet. [In Russian]
11. Douglass A. E. 1936. Climatic Cycles and Tree Growth: A Study of Cycles. Vol. 3. Washington: Carnegie Institute. [In Russian]
12. Cook E. R., Kairiukstis L. A. (eds.). 1990. Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences. Dordrecht; Boston; London, Kluwer Academic Publishing. [In Russian]