

УДК 630.3

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3501

Статья

## Периодичность соотношения тепла и влаги в таёжных геоконплексах Европейского Севера России по дендрохронологическим данным

Сергей П. Гриппа<sup>1\*</sup>, Сергей Б. Потахин<sup>2</sup>

ФГБОУВО «Петрозаводский государственный университет», 185910 Российская Федерация, Республика Карелия, Петрозаводск, пр. Ленина, 33; E-Mail: [sgrippa@rkmil.ru](mailto:sgrippa@rkmil.ru) (С.П.Г.)  
[spotakhin@yandex.ru](mailto:spotakhin@yandex.ru) (С.Б.П.)

\* Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: [sgrippa@rkmil.ru](mailto:sgrippa@rkmil.ru),  
Tel.: +7(911)4150022.

Получена: 17 Сентября 2016 / Принята: 20 Октября 2016 / Опубликована: 30 Октября 2016

---

**Аннотация:** в статье анализируются данные дендрохронологических исследований в пределах таёжных геоконплексов Европейского Севера России. Сопоставляются расчётные индексы древесно-кольцевых серий (прироста годовых колец хвойных деревьев) с климатическими данными по гидрометеостанциям исследуемого региона: средние температуры воздуха и количество осадков за различные периоды. Проведен статистический анализ сравниваемых показателей: кросскорреляционный, автокорреляционный, спектральный. Выявлены цикличности колебаний прироста годовых колец за период, охватываемый возрастом исследованных древостоев до 450 лет, а также с использованием исторической древесины – до 637 лет, определены сдвиги фаз в реакции прироста. Установлено, что существует слабая прямая корреляция прироста годовых колец с показателями температуры воздуха и выпадающими осадками в таёжных геоконплексах ЕСР. Тем не менее, определено наличие согласованного хода графиков дендрохронологических рядов и метеопоказателей теплого периода года, их стационарность оценивалась по автокорреляционной функции, и значимый период связи составил около 20 лет: т. е. прирост древесины устойчив, что позволяет сделать вывод о высокой степени предсказуемости природных процессов. Выполнен спектральный анализ и оценена взаимная связь в частотной области по функции когерентности и разности фаз. Полученные графики спектральной плотности указывают на значимые циклические изменения прироста древесины и средней температуры воздуха в вегетационный период длительностью 40 и 13 лет, а также в областях частот 19-22 лет и около 5-7 лет. Для таёжных геоконплексов ЕСР лимитирующим радиальный прирост древесины фактором является именно соотношение тепла и влаги, как в атмосфере, так и в почве, особенно в вегетационный период.

**Ключевые слова:** таёжные геоконплексы, дендрохронология, дендрохронологические шкалы, ритмичность и цикличность, спектральный анализ, Европейский Север России.

Article

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3501

## Periodicity of warmth and humidity correlation in taiga geocomplexes of the European North of Russia, according to dendrochronological data

Sergey P. Grippa \*, Sergey B. Potakhin

Petrozavodsk State University, 185910, Russian Federation, Petrozavodsk, Lenin St., 33, E-mails: [sgrippa@rkmil.ru](mailto:sgrippa@rkmil.ru) (S.P.G.) [spotakhin@yandex.ru](mailto:spotakhin@yandex.ru) (S.B.P.)

\*Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: [sgrippa@rkmil.ru](mailto:sgrippa@rkmil.ru),  
Tel.: +7(911)4150022.

*Received: 17 September 2016 / Accepted: 20 October 2016 / Published: 30 October 2016*

---

**Abstract:** The article observes the analysis of the dendrochronological research data relating to taiga geocomplexes of the European North of Russia. Rated indexes of the tree-ring series (annual growth gain of coniferous tree rings) are being cross-referenced with the climatic data from the weather stations of the explored region, with the average atmospheric temperatures and precipitation rates of various periods. Statistical analysis of the compared data has been conducted: cross-correlational, autocorrelational, spectral. Also, we have figured out the rhythmicity of tree rings growth gain fluctuation during the period of time equal to the age of stand, up to 450 years, using historical trees as well, up to 637 years old. Phase shifts in growth gain reaction were defined. It has been stated, that there is a weak direct correlation between growth gain of the tree rings and the temperature and precipitation rates in taiga geocomplexes of the European North of Russia. Nevertheless, graph motions of dendrochronological and meteorological data of the warm period show coherence; their steadiness was estimated autocorrelationally, and the significant period covered approximately 20 years – i.e., growth gain of the tree rings is quite stable. Due to this fact, it is possible to conclude that natural processes are highly predictable. With the help of spectral analysis conducted, we evaluated interconnection in the area of frequency in terms of coherence and difference of phases. The collected graphs of the spectral density signal that there are significant tree rings growth gain and average temperature changes during vegetation periods of 40 and 13 years, also 19-22 years and 5-7 years. In taiga geocomplexes of the European North of Russia, radial growth gain of timber is limited exactly by warmth and humidity correlation, in the atmosphere, as well as in the ground, especially during vegetation periods.

**Keywords:** taiga geocomplexes, dendrochronology, rhythmicity and periodicity, spectral analysis, European North of Russia

## 1. Введение

Большинство природных процессов на Земле носят периодический характер: суточные, месячные, сезонные, годовые, вековые и сверхвековые колебания, а также колебания в течение тысяч, сотен тысяч и миллионов лет. Эти природные изменения фиксируются в геологических отложениях в виде слоев различных материалов или фракций, например, морских, озерных, речных донных накоплениях, ленточных глин флювиогляциальных отложений, ежегодных слоёв раковин двустворчатых моллюсков, формировании годичных колец древесных растений – дендрохронологических рядов, и т.д. В относительно длительных дендрохронологических рядах обнаруживаются несколько циклов различной продолжительности, которые налагаясь друг на друга, осложняют их выделение и интерпретацию. Такое явление получило название «многоритмичности» [10]. Необходимость различать две категории ритмов – космических ритмов и ритмов взаимодействия, отмечает Е. В. Максимов [11]. Первых – крайне ограниченный набор, проявляющихся неопределенно долгое время и носящих универсальный характер, вторых – бесчисленное множество, и все они, как правило, кратковременны и представляют собой затухающие колебания.

Характерной чертой радиального прироста хвойных пород деревьев, произрастающих в таежных лесах Европейского Севера России, является наличие достаточно регулярных и четко фиксируемых длительновременных колебаний различной продолжительности. Выявленные в наших исследованиях ритмические колебания приростов годичных колец имеют различную длительность, которая варьируется в пределах столетия. Происходящее распадение ритмов или соединение их в более длительные фазы, а также изменение их средней продолжительности, является функцией наложения ритмов друг на друга, а также взаимодействием с ритмами среды. Отсюда могут наблюдаться и некоторые искажения или образование новых цикличностей.

## 2. Материалы и методы

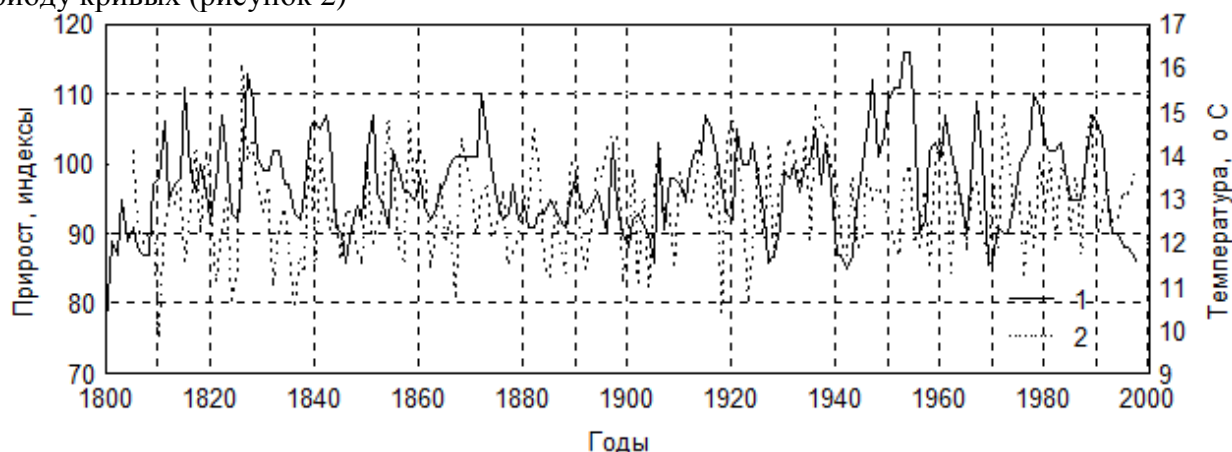
Материалом для анализа служили дендрохронологические образцы хвойных пород деревьев – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*, L.) и ель европейская (*Picea abies*, L.), с которых отбирались керны при помощи 45-см бурава Пресслера, а также спилы с брёвен исторической древесины. Подсчёт годичных колец осуществлялся с применением бинокулярного микроскопа МБС-10 с точностью до 0,05 мм. Натуральные данные прироста годичных колец при построении дендрохронологических шкал (ДХШ) переводились в индексы по методу «коридора» [17], что позволяло сохранять колебательный характер кривых, необходимый для анализа ритмических проявлений анализируемых рядов.

При переводе абсолютных величин прироста древесины в относительные – индексы, происходит исключение наиболее крупных колебаний. Для анализа периодических колебаний и выявления природных ритмов по имеющимся у нас дендрохронологическим рядам использовались деревья возрастом в 150-350 лет, в которых достоверно фиксировались только вековые и внутривековые циклы. Для продления хронологий использовалась погребенная (историческая) древесина, что позволило составить шкалы для ЕСР возрастом порядка 450 - 637 лет.

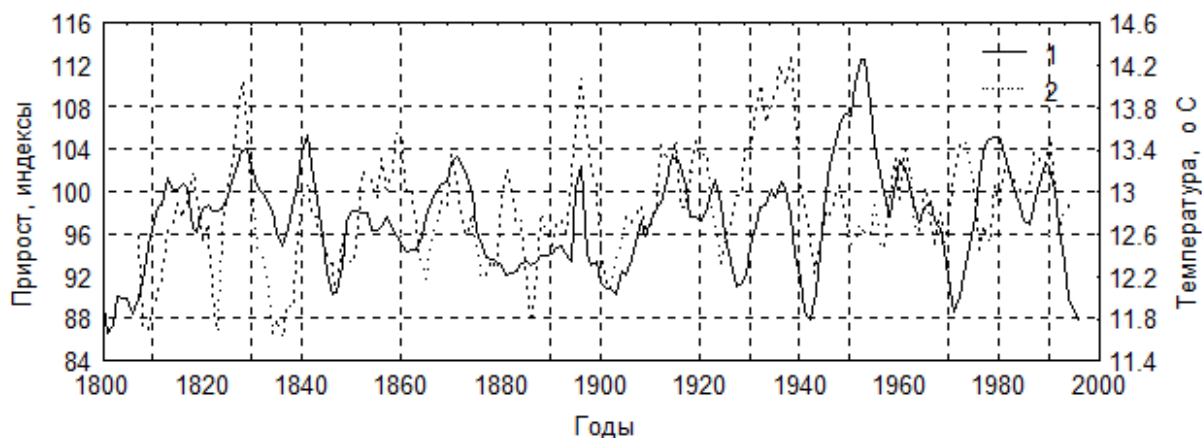
Полученные индексы древесно-кольцевых хронологий ЕСР были подвергнуты статистическому анализу (кросскорреляционному, автокорреляционному, спектральному) в сопоставлении с колебаниями весенне-летних температур (май-август) воздуха приземных слоев атмосферы и количеством осадков в этот же период по 5-ти наиболее близко расположенным к пробным площадкам метеостанциям – Петрозаводск, Олонец, Сортавала, Лоухи, Кестеньга.

### 3. Результаты

В древесно-кольцевых хронологиях ЕСР наиболее сложно выявляются сверхвековые циклы. Причина заключается в том, что были получены сравнительно короткие дендрохронологические шкалы продолжительностью до 637 лет, а, как известно [17], уверенно можно зафиксировать наличие цикла, если во временном ряду он повторяется не менее трех раз. В наших исследованиях в основном были получены внутривековые ритмы. Прямой связи натуральных рядов прироста годичных колец и данных по средним показателям температуры воздуха и количеству осадков за вегетационный период статистически не было выявлено. Проведённый корреляционный анализ ДХШ со средними температурами за каждый весенне-летний месяц, а также со средней температурой всего вегетационного периода, выявил слабый климатический сигнал в серии годичных приростов древесины: коэффициенты корреляции колеблются в пределах от  $r = |0,20|$  до  $r = |0,35|$ . Тем не менее, нами отмечалось явное визуальное сходство хода кривых графиков прироста годичных колец и метеоданных (рисунок 1), поэтому для выявления тесноты связи временных серий, сопоставляемых данных применялись различные модели сглаживания, которое осуществлялось по методу скользящего среднего с периодом – 3, 5, 7, 11, 21, 31 годы и с шагом 1 год. Эта процедура увеличила коэффициент корреляции до  $r = |0,48| - r = |0,53|$ . в том числе и на сглаженных по пятилетнему периоду кривых (рисунок 2)

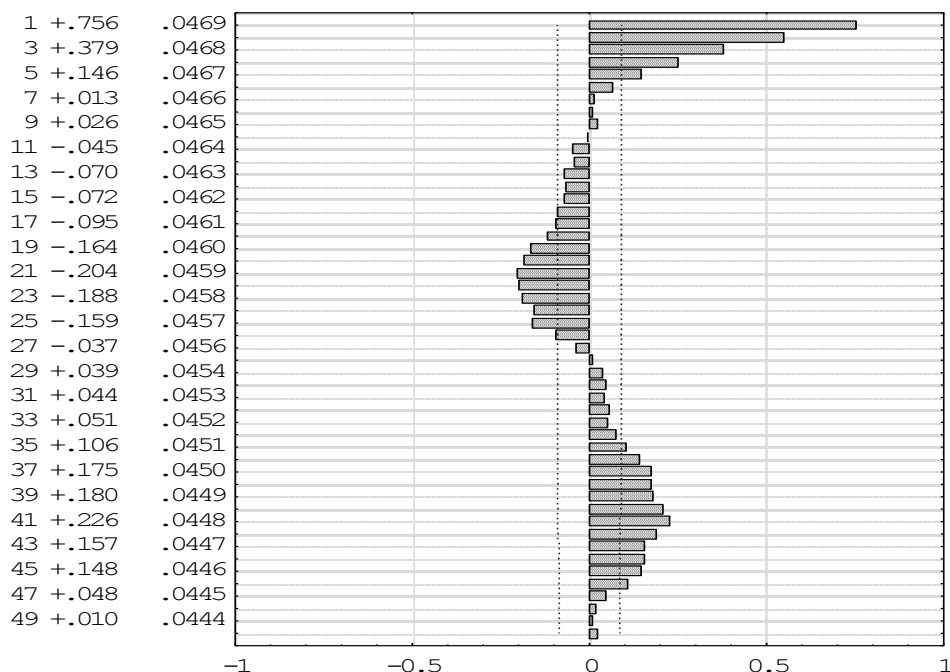


**Рисунок 1.** Сопоставление индексов прироста обобщённого ряда среднетаежной подзоны ЕСР и средней температуры воздуха за май-август по станции Петрозаводск; 1 – индексы прироста, 2 – температура воздуха.



**Рисунок 2.** Сопоставление сглаженных (скользящим методом с периодом 5 лет) индексов прироста обобщённого ряда (фрагмент) среднетаежной подзоны ЕСР и сглаженной (скользящим методом с периодом 5 лет) средней температуры воздуха за май-август по станции Петрозаводск; 1 – индексы прироста, 2 – температура воздуха.

Стационарность обобщённой ДХШ по среднетаежным лесам ЕСР и температуры воздуха за тёплый период по гидрометеорологической станции (ГМС) Петрозаводска была оценена по автокорреляционной функции [13, 14]. Для данной древесно-кольцевой хронологии значимый период составил около 20 лет. В автокорреляционной функции эти незатухающие флуктуации проявляются отчетливо, что свидетельствует о квазипериодическом характере исследуемых колебаний. Таким образом, процесс прироста древесины исследуемой территории достаточно устойчив, т. е. каждое последовательное значение прироста коррелирует с предыдущим, по крайней мере, с коэффициентом корреляции  $r = |0,75|$  (рисунок 3), что позволяет сделать вывод о достаточно высокой степени предсказуемости процесса.



**Рисунок 3.** Автокорреляционная функция генерализированной древесно-кольцевой хронологии среднетаежной подзоны ЕСР

С целью выявления связи между анализируемыми дендрохронологическими и температурными рядами также был проведен их взаимный корреляционный анализ для выявления возможных общих цикличностей в исследуемых рядах прироста и определения сдвига фаз в реакции прироста на изменение средней температуры воздуха. Выполнен спектральный анализ и оценена взаимная связь в частотной области по функции когерентности и разности фаз.

Сравнительный анализ спектральной плотности –  $f_x(\omega)$  и  $f_y(\omega)$  временных рядов прироста древесины ( $X_t$ ) и температуры воздуха за период вегетации ( $Y_t$ ) соответственно, может быть представлен функцией кросс-спектра данных процессов (1):

$$Cr(\omega) = c(\omega) + iq(\omega) \quad (1)$$

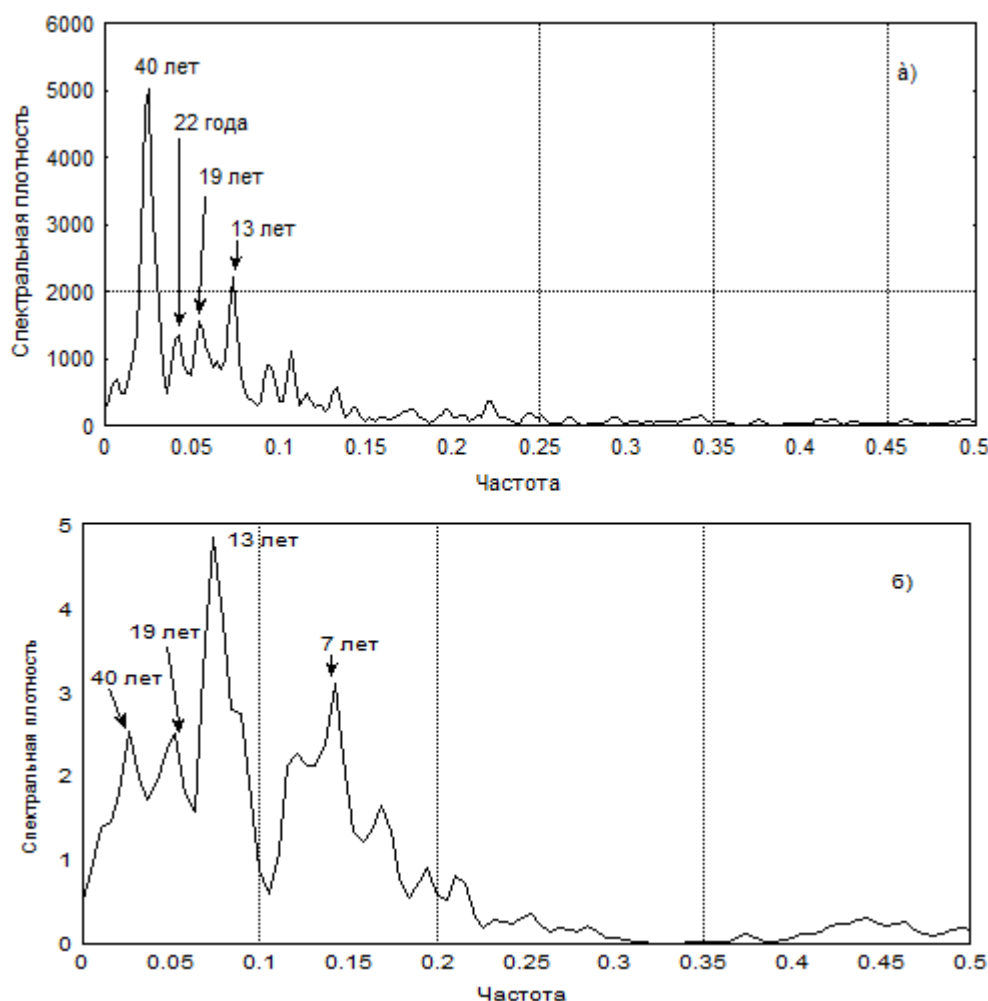
где функцию  $c(\omega)$  принято называть ко-спектром, а  $q(\omega)$  – квадратурным спектром [6].

Эти функции всегда подчиняются «неравенству когерентности» (2):

$$c^2(\omega) + q^2(\omega) \leq f_x(\omega) f_y(\omega). \quad (2)$$

Сходство в длительных изменениях древесно-кольцевых серий с температурами теплого периода года в исследуемом районе проявляется при анализе спектральной плотности, которая

показывает значимые циклические изменения прироста древесины длительностью 40, 22, 19, 13 и 7 лет и значимые пики спектральной плотности средних температур мая-августа на этих же частотах (ГМС Петрозаводск) (рисунок 4).



**Рисунок 4.** Функции спектральной плотности: а) – генерализованной древесно-кольцевой хронологии среднетаежной подзоны ЕСР и б) – средней месячной температуры за май-август

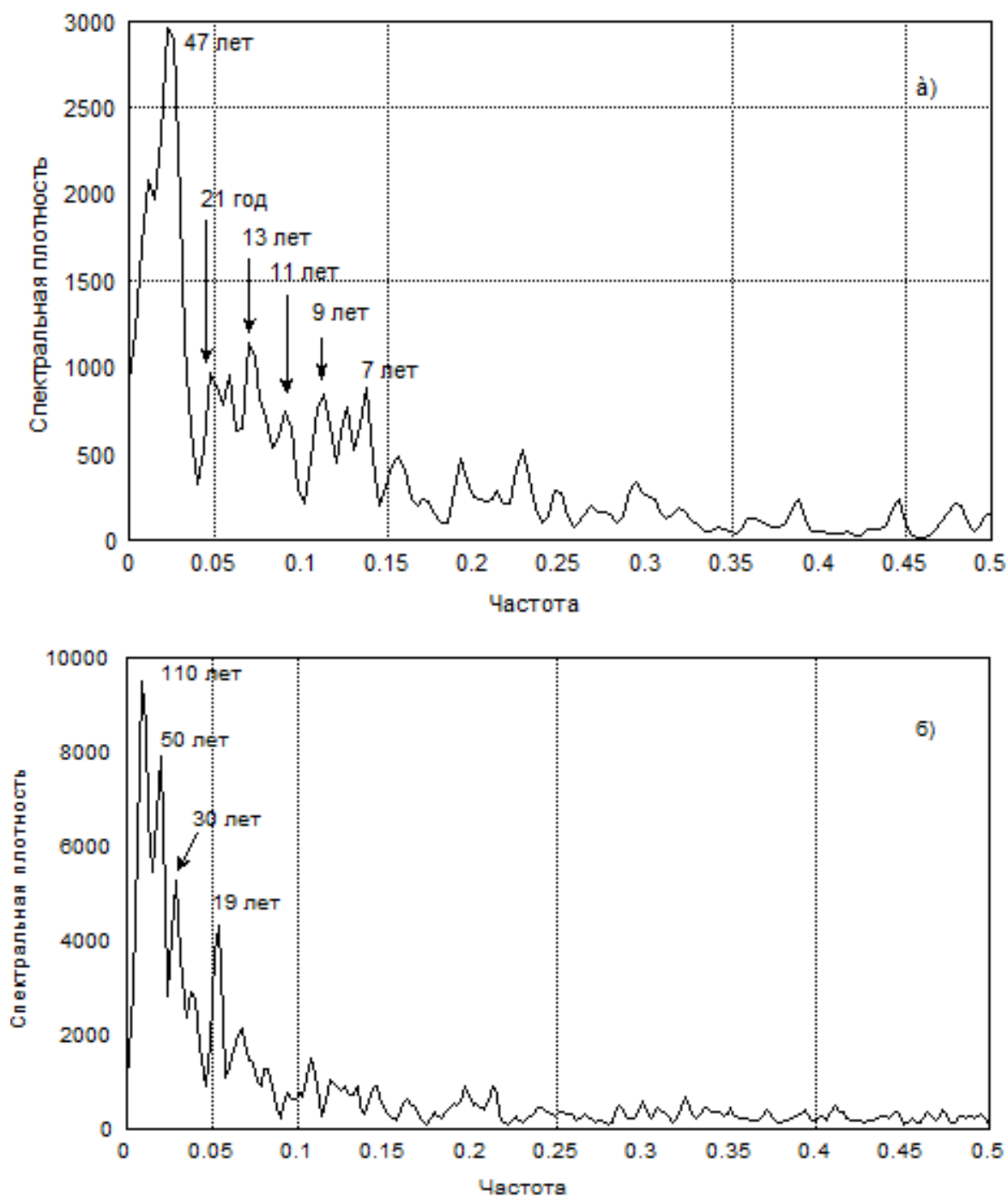
Вклад этих колебаний составляет от 40 до 50% в дисперсию прироста древесины и температуры воздуха соответственно. В спектре древесно-кольцевых хронологий также заметны пики частот в области 9-11 лет.

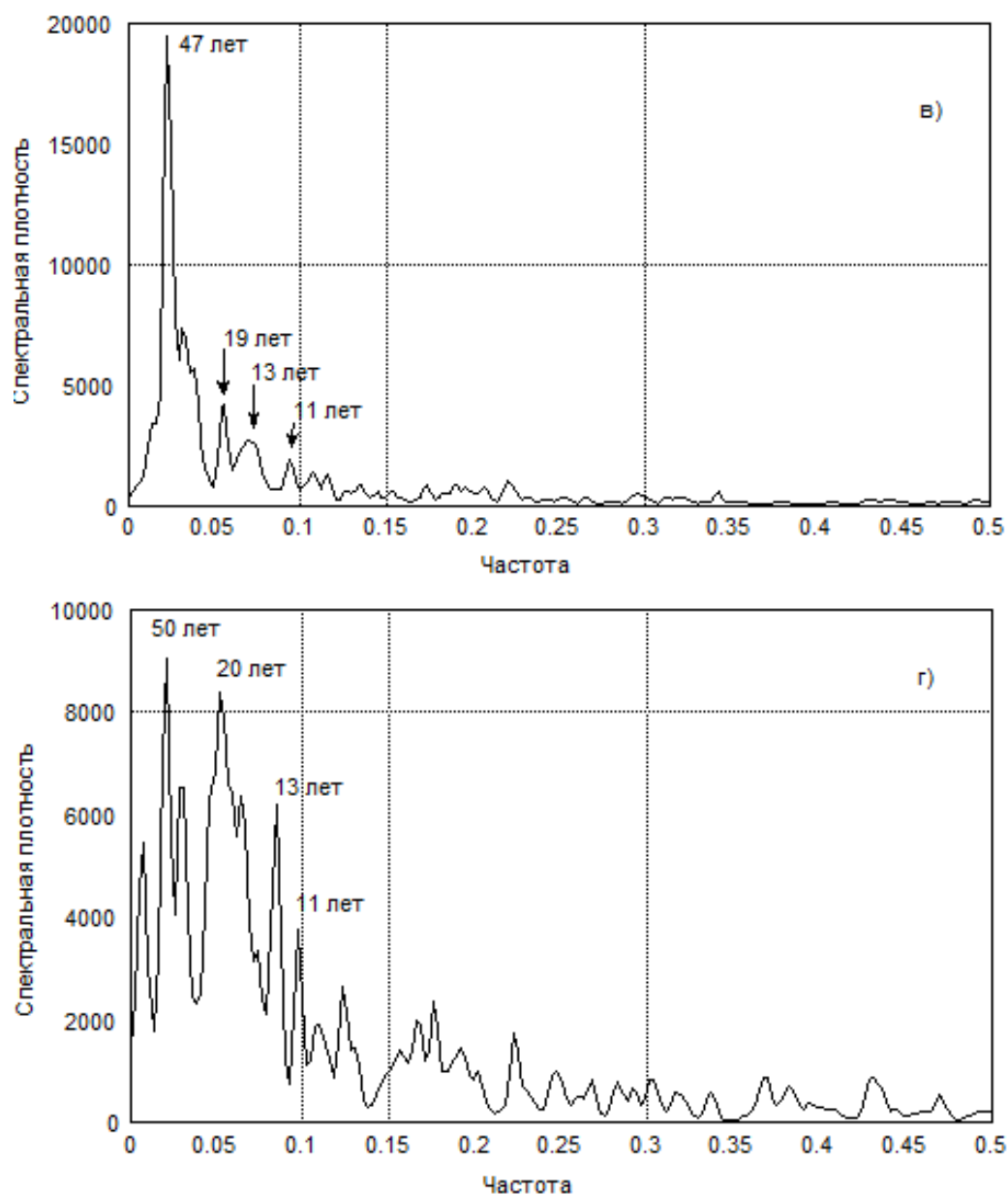
Наибольших значений коэффициент когерентности двух анализируемых спектров достигает в области 19 – 22-летних колебаний и составляет  $[0,70]$ . Менее значимы 13-летние цикличности. Когерентность этих колебаний весьма высока и составляет  $[0,60]$ . Достаточно хорошо выраженные пики в исследуемых рядах 40-летних периодов в спектрах соответствуют коэффициенту когерентности всего  $[0,40]$ . Малозначимые на спектрах 5-ти и квазидвухлетние колебания достигают значений когерентности  $[0,55]$ - $[0,65]$ .

Поскольку значения ко-спектральной плотности больше значений ку-спектра на частоте (при  $q(\omega) = 0$ ,  $c(\omega) \neq 0$ ), соответствующей 13-летним циклам, это свидетельствует о том, что данные флуктуации происходят квазисинхронно – почти одновременно.

В спектрах других, полученных нами, локальных хронологий и отдельных рядов прироста годичных колец по модельным площадкам южной части Карелии, чаще всего отмечаются циклы 11, 13, 18, 22, 29-30 лет. Близкие к вековым и вековые колебания рассматривались только в тех кольцевых сериях, которые имеют возраст более 300 лет. Однако вековые циклы

для большинства старовозрастных сосновых древостоев не всегда фиксируются. Лишь в отдельных дендрохронологических рядах среднетаежной зоны были обнаружены циклы близкие к 110-летним (рисунок 5).





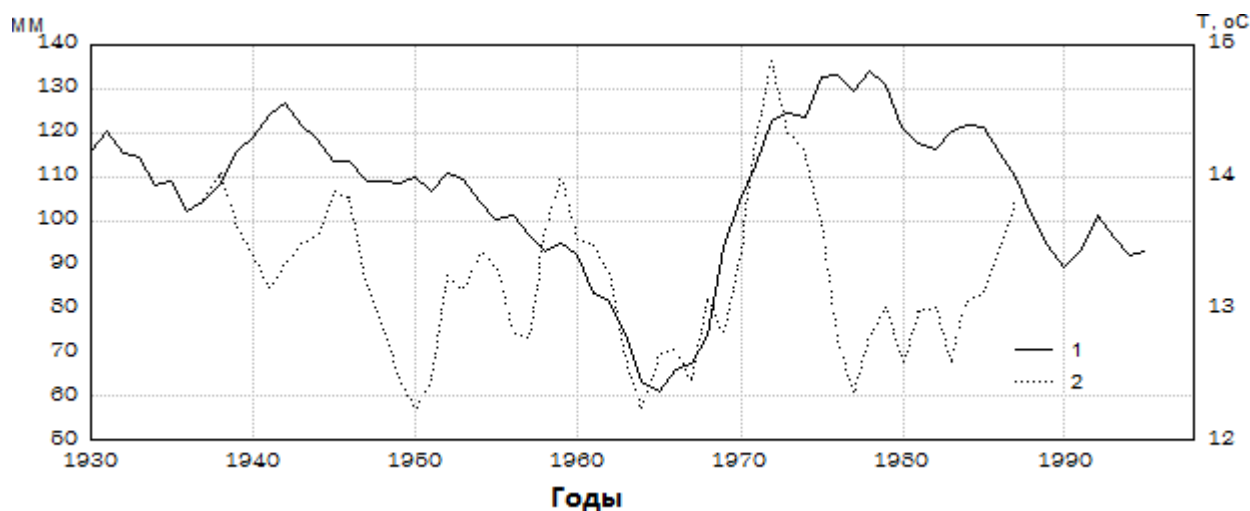
**Рисунок 5.** Функции спектральной плотности локальных древесно-кольцевых хронологий среднетаежной подзоны ЕСР: а) о. Клименецкий, б) западное побережье Онежского озера (с. Шокша), в) ландшафтный заказник (ЛЗ) «Толвоярви», г) район пгт. Пряжа

В спектрах данных рядов вклад флуктуаций в общую изменчивость прироста деревьев с продолжительностью менее 50 лет составляет от 50 до 80 %. Наибольший вклад вносят циклы 47-50, 19-22, 13 и 11-летние. Некоторые незначительные отклонения в исследуемых колебаниях для одинаковых частот обусловлены различными условиями местообитаний модельных деревьев.

Древесно-кольцевые хронологии северных территорий, построенные по образцам живых деревьев, имеют достаточно длинные ряды приростов – более 350 лет. Сравнение полученных хронологий было произведено с опубликованными данными Т. Т. Битвинскаса и И. И. Кайратиса [4], а также В. В. Вессарта [5]. Анализ дендрохронологических индексов, представленных Т. Т. Битвинскасом и И. И. Кайратисом по лесным массивам в районах п. Лоухи и Кестеньга, дал незначительные коэффициенты корреляции со средними



температурами летних месяцев, полученных на ГМС данных населенных пунктов. Сопоставление хода прироста годичных колец отдельных деревьев и полученной дендрохронологической шкалы национального парка (НП) «Паанаярви» со средними месячными, сезонными и годовыми температурами воздуха показало, что наилучшие корреляции отмечаются со средней июньско-июльской температурой воздуха по ГМС Кестеньга, ближе всего расположенной к данному национальному парку (рисунок 6).



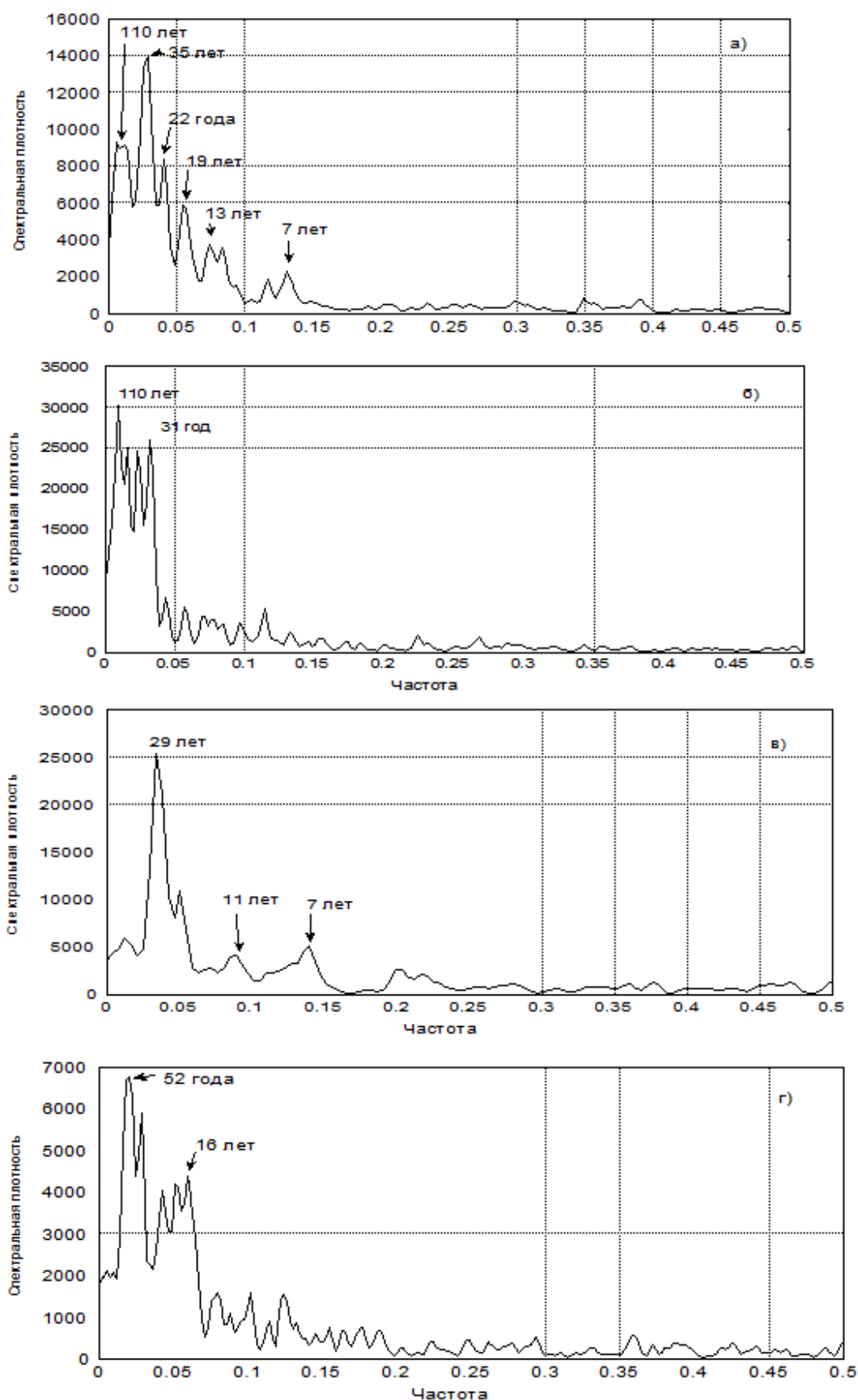
**Рисунок 6.** Прирост годичных колец дендрохронологической шкалы (фрагмент) по территории НП «Паанаярви», скользящие 5-летние средние (1); средние температуры воздуха июня-июля месяцев по ГМС Кестеньга, скользящие 5-летние средние (2).

Однако стоит отметить, что связь между представленными процессами не столь существенна. Достаточно сложно определить влияние температуры воздуха летних месяцев на прирост древесины. Хотя явно заметно большее снижение ширины годичных колец в период минимальных температур в 1960-е гг.

Проведенный автокорреляционный анализ дендрохронологической шкалы по территории НП «Паанаярви» показал, что степень стационарности ряда достаточно велика, сдвиг фазы, при котором наблюдается полный период колебаний прироста годичных колец, составил около 20 лет, т. е. процесс затухает медленно. Процесс прироста древесины данной дендрохронологической шкалы достаточно устойчив, каждое следующее значение прироста коррелирует с предыдущим с коэффициентом корреляции  $r = |0,85|$ .

В северной подзоне тайги — на Кольском полуострове и в северной части Карелии, в спектрах рядов дендрохронологических шкал, в отличие от более южных территорий Восточной Финляндии, заметно, что наибольшей энергией обладают низкочастотные колебания. Значимые пики соответствуют частотам около 30-35 и 110 лет. Менее выражены циклы около 20-22 лет, 16-18, 13 и 11-лет. Из колебаний в высокочастотной области наиболее значимый пик приходится на 7-летний цикл.

Большой вклад радиального прироста древесины в условиях северной таежной подзоны вносят циклы на частотах от 30 лет и больше. Особенно это заметно после проведения фильтрации исходных рядов скользящим осреднением короткопериодических, 3-5 летних, колебаний (рисунок 7).



**Рисунок 7.** Функции спектральной плотности локальных ДХШ северотаежной подзоны ЕСР:

а) НП «Паанаярви»; б) Хибины, предгорье; в) побережье Белого моря, Карельский берег; г) район озёр Пулозеро и Коросозеро – Южные подножья хребта Ветреный Пояс.

Отмеченные в дендрохронологических рядах таежной зоны Карелии и Кольского полуострова вековые цикличности, длительностью около 110 лет могут складываться из двух соседних 50-летних. Цикл такой длительности отмечался в радиальном приросте древесных растений С. Г. Шиятовым [17].

Цикл длительностью 47–50 лет, обнаруженный в отдельных древесно-кольцевых реализациях среднетаежной подзоны Восточной Фенноскандии, также описан С. Г. Шиятовым [17] в пределах уральских провинций – Полярного, Приполярного и Южного Урала. Этот цикл связывается с обнаруженными Л. В. Маючая [17] колебаниями солнечной активности.

Цикл, близкий к 30–35 годам, обычно относят к, так называемому, брикнеровскому циклу [17, 18]. Этот цикл является одним из самых распространенных в колебаниях природных явлений. Однако существующее разнообразие противоречивых мнений относительно причин возникновения брикнеровского цикла [1, 16, 17] может быть связано с тем, что он состоит из нескольких самостоятельных циклов, природа которых различна.

Выявленный в отдельных хронологиях 29–30-летний цикл наиболее значимо проявляется лишь в тех рядах, у которых меньше или отсутствует 21–22-летний цикл. Самые большие отклонения данного цикла отмечаются в рядах северной подзоны таежных лесов ЕСР. По-видимому, данный цикл также можно отнести к брикнеровскому.

Цикл продолжительностью 21–22 года наиболее часто встречается в колебаниях прироста древесных растений [2, 3, 8, 9, 16, 17]. Проявление этого цикла в геофизических и биологических явлениях большинство авторов связывают с реакцией на соответствующие колебания солнечной активности [12, 18].

В отдельных дендрохронологических шкалах таежных подзон Восточной Фенноскандии отмечаются 16–18 летние циклы, которые описаны А. В. Шнитниковым [20] и, по его мнению, могут быть объяснены действием приливообразующих сил Луны и Солнца. Цикл длительностью 13 (или около 12–14) лет наиболее часто представлен во многих индивидуальных реализациях прироста ширины годичных колец, а также в генерализированных древесно-кольцевых хронологиях лесов Восточной Фенноскандии. Особенно значимые пики спектральной плотности отмечаются в функциях разложения дендрохронологических шкал по территории среднетаежных лесов Карелии. В хронологиях северной подзоны тайги 13-летний цикл также заметен, особенно в индивидуальных рядах и шкале НП «Паанаярви». Однозначного мнения относительно причин возникновения данного цикла нет. Его рассматривают и как колеблющийся в пределах (от 8 до 14 лет) 11-летний цикл, который является солнечно-обусловленным, и как результат совместного влияния таких планет, как Венера, Земля и Юпитер, а также, как результат распада или накладки различных других циклов [17].

Близкие к 11-летнему циклу колебания прироста древесины встречаются наиболее часто в древесно-кольцевых хронологиях европейских таежных лесов. Однако их вклад в изменчивость радиального прироста деревьев составляет 7–10 %, в отдельных случаях, особенно в хронологиях северной тайги, вклад 11-летнего цикла в спектральной плотности всей реализации может достигать 15 %.

Достаточно значимыми в полученных дендрохронологических рядах являются циклы продолжительностью 7 лет. Особенно заметны пики в графиках функций спектральной плотности по древесно-кольцевым хронологиям северотаежных лесов. Этот цикл выделяется также в колебаниях солнечной активности и повторяемости атмосферной циркуляции.

Выявленные в наших исследованиях цикличности совпадают с данными, полученными в работе А. В. Ступневой [15] как по северной, так и по южной подзонам тайги ЕСР. В результате применения метода автокорреляции для анализа дендрохронологических рядов территории исследования были получены следующие результаты:

1. Значимые периоды большинства хронологий варьируют в пределах 16–40 лет.

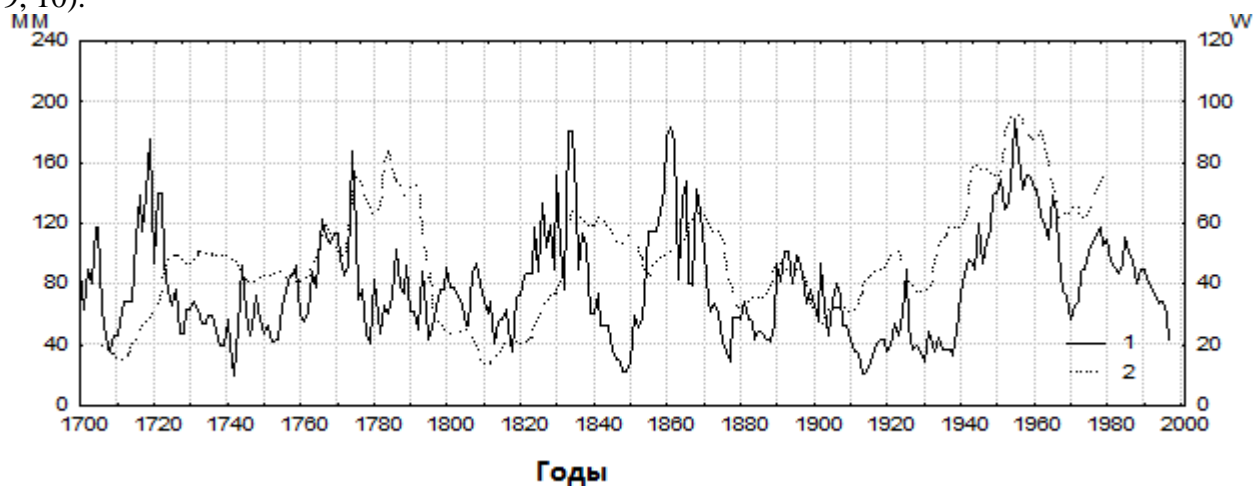
2. Стационарность в колебаниях дендрохронологических шкал зависит от степени экстремальности условий обитания и воздействия экзогенных факторов. Так, например, древесные хронологии, полученные с модельных площадок, расположенных на побережьях крупных озёр, имеют сдвиг фазы до 84 лет, что, вероятнее всего, связано со смягчающим воздействием данных водоемов на резкие колебания температуры в регионе.

3. При разложении полученных частот по времени их проявления можно отметить, что циклы в пределах 11–22 лет преобладают в конце XVIII – первой половине XIX вв. В конце XIX–начале XX в.в. происходит перестройка колебаний прироста в сторону более высокочастотных циклов – 5–7-летних. И, наконец, в XX столетии усиливаются колебания, близкие к вековым, и вековые.

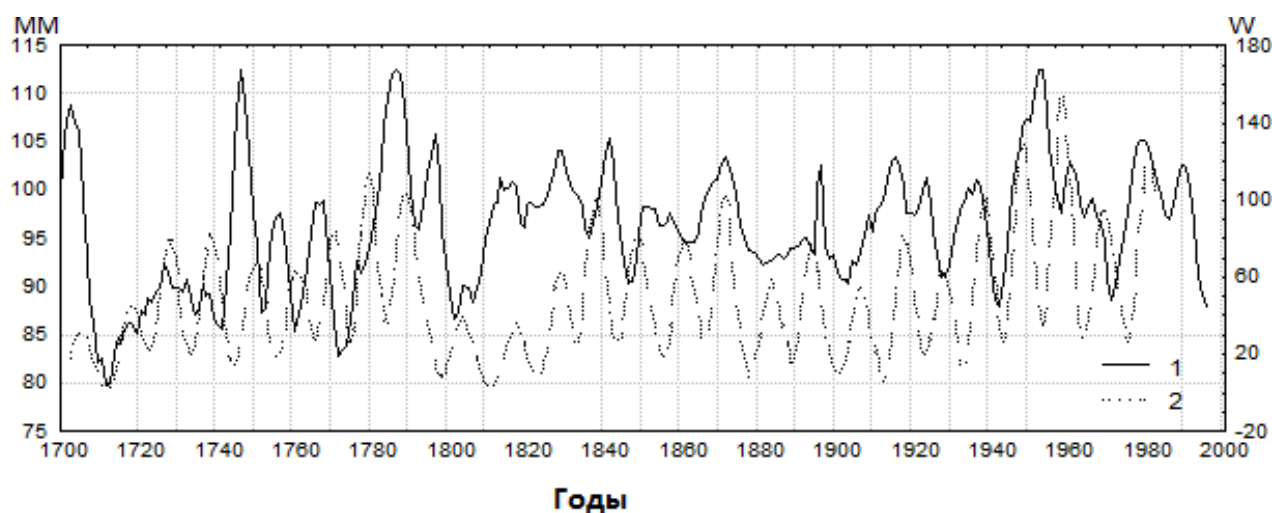
Таким образом, на основании того, что рассмотренные циклы встречаются в большинстве полученных нами дендрохронологических шкал, можно с большой долей вероятности предположить, что все названные циклы являются экзогенными. Но пока проследить весь механизм солнечно-земных связей не удастся, и можно только констатировать роль геофизических и климатических факторов в приросте древесины годичных колец.

Полученные в исследованиях цикличности прироста годичных колец, обнаружили совпадения с некоторыми циклами солнечной активности, выраженной в числах Вольфа [11] (Максимов, 1992), и установили степень связи между данными реализациями. Для этого сопоставлялись кривые приростов ширины годичных колец различных древесных хронологий Восточной Фенноскандии и индексы солнечной активности, имеющие продолжительность с 1700 г. по 1984 г.

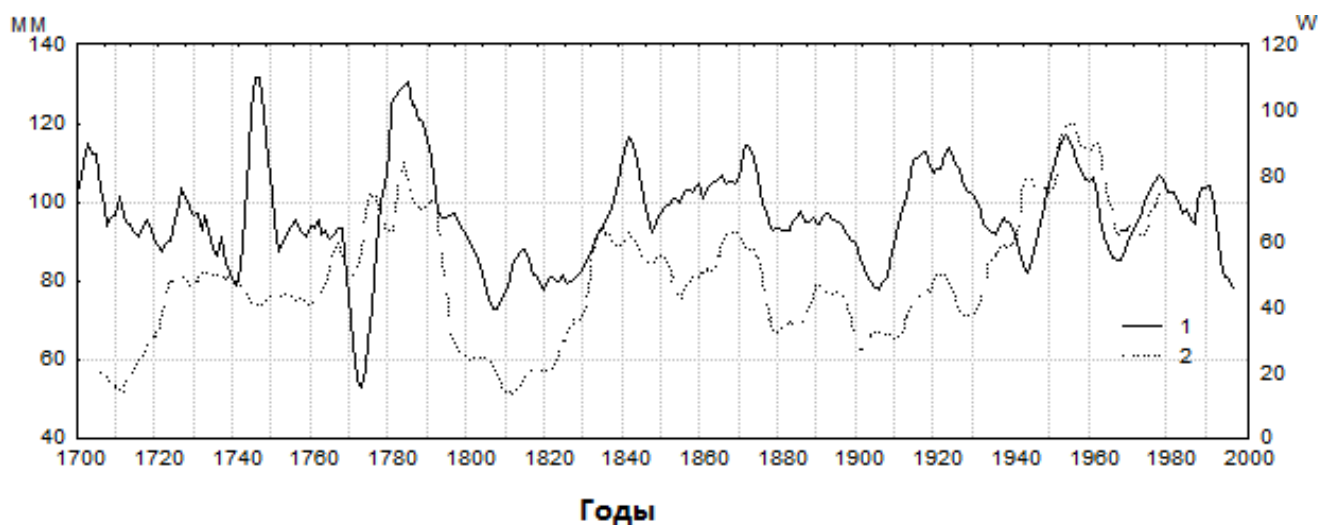
Например, при визуальном сопоставлении имеющихся древесно-кольцевых хронологий с колебаниями солнечной активности можно отметить наличие связи между этими процессами. В частности, для сравнения были взяты генерализованные древесно-кольцевые хронологии по территории северо- и среднетаежной подзон Восточной Фенноскандии и разной степени сглаженных кривых средней солнечной активности за май-август (рисунки 8, 9, 10).



**Рисунок 8.** Индексы прироста годичных колец дендрохронологической шкалы по территории Хибин (1) и скользящие 11-летние средние числа Вольфа за май-август (2).



**Рисунок 9.** Скользящие 5-летние средние индексы прироста годичных колец генерализованной дендрохронологической шкалы по территории среднетаежных лесов ЕСР - (1) и скользящие 5-летние средние числа Вольфа за май-август - (2).



**Рисунок 10.** Скользящие 5-летние средние индексы прироста годичных колец дендрохронологической шкалы по территории ЛЗ «Толвоярви» - (1) и скользящие 11-летние средние числа Вольфа за май-август - (2).

Визуально отмечается заметное сходство между изменением радиального прироста годичных колец дендрохронологических шкал ЕСР и колебанием солнечной активности. Для количественной оценки взаимной связи этих процессов были рассчитаны коэффициенты корреляции, которые колеблются в пределах от  $|-0.32|$  до  $|0.50|$ , как без сглаживания, так и при сглаживании исходных рядов (таблица 1).

**Таблица 1.** Взаимная корреляция дендрохронологических шкал Восточной Фенноскандии с солнечной активностью (в числах Вольфа).

ДХШ (условный индекс)	Коэффициент корреляции (r) со средними годовыми числами Вольфа:			
	со средними годовыми числами Вольфа	сглаженными скользящим 3-летним	сглаженными скользящим 5-летним	сглаженными скользящим 11-летним
1.	2.	3.	4.	5.
Пулозеро (Pul)	- 0.10	- 0.09	- 0.08	0.04
Андомский водораздел (Av)	- 0.09	- 0.09	- 0.09	- 0.01
Андома-гора (Ag)	0.03	0.04	0.07	0.14
Андомский водораздел – лиственницы (Avl)	0.00	0.01	0.02	0.05
о. Б. Клименецкий (Kl)	- 0.03	- 0.01	0.03	0.21
Ладога (Lad)	0.06	0.07	0.08	0.02
Шокша (Shok)	- 0.00	- 0.01	- 0.03	- 0.22
НП «Паанаярви» (Paa)	- 0.08	- 0.05	- 0.00	0.23
Лоймола (Loj)	0.05	0.06	0.08	0.19
ЛЗ «Голвоярви» (Tol)	0.23	0.25	0.31	0.46
Вендюры (Ven)	- 0.23	- 0.25	- 0.28	- 0.32
Пряжа (Pr)	0.12	0.13	0.15	0.17
Шотозеро (Shot)	0.00	0.01	0.02	0.16
Сямозеро (Sj)	- 0.03	- 0.01	0.02	0.13
Питкясаари (Ps)	- 0.17	- 0.17	- 0.17	- 0.05
Белое море (Bm)	0.01	0.00	- 0.01	- 0.05
Хибины (Hb)	0.16	0.20	0.26	0.50
Хибины – ели (Hbe)	0.04	0.05	0.08	0.20
Среднетаежная п/зона	0.06	0.08	0.13	0.29

Полученные коэффициенты взаимной корреляции оказались достаточно низкими, даже при определенном сходстве анализируемых временных рядов. Таким образом, связь радиального прироста древесины с колебанием солнечной активности проявляется не отчетливо.

#### 4. Обсуждение и заключение

Подводя итог дендроклиматическим исследованиям территории ЕСР, можно констатировать, что по имеющимся древесно-кольцевым хронологиям определить общую тенденцию сверхвековых цикличностей изменения климата не представляется возможным. Во-первых, при использовании абсолютных величин прироста годичных колец в хронологиях старовозрастных древесных насаждений будут существенно снижаться средние показатели прироста из-за имеющегося в большинстве моделей явления «возрастной кривой»; во-вторых,

с применением каких-либо методов стандартизации, при получении индексов прироста древесины, происходит нивелировка максимальных и минимальных значений и искажение общего хода кривой. Следовательно, сверхвековые колебания ширины годовичных колец в индексах дендрохронологических шкал фиксируются слабо.

Использование методов автокорреляционного и спектрального анализов, как натуральных, так и индексированных дендрохронологических рядов, показывает, что тенденции изменчивости климата устанавливаются на уровне внутривековых цикличностей. Проведенные дендрохронологические исследования территории ЕСР позволяют сделать вывод о существующих квазипериодических цикличностях климатических изменений. В условиях местоположений северо- и среднетаежных лесов невозможно четко проследить закономерности радиального прироста древесины от меняющихся отдельных параметров климата. Вероятно, существует зависимость приростов годовичных колец от совместного действия климатических и эдафических факторов: температуры воздуха в теплый период года (май-август, май-сентябрь), температуры и влажности почвы, в отдельных случаях – величины атмосферных осадков. Выделить какой-либо один универсальный фактор, оказывающий лимитирующее действие на изменение ширины годовичных колец в исследуемом районе пока не представляется возможным.

В отличие от территории Урало-Сибирской Субарктики, где деревья произрастают на северном пределе своего распространения в условиях континентального и резкоконтинентального климата, и где почти исключительной причиной изменчивости прироста древесины являются низкие температуры воздуха в июне-июле [17], для тайги Карелии и Кольского полуострова лимитирующим радиальный прирост фактором будет являться соотношение тепла и влаги, как в атмосфере, так и в почве, особенно в вегетационный период. Наиболее наглядно территориальные отличия названных регионов проявляются в своеобразных реакциях деревьев на изменения режима тепла и влаги в процессе внутривековых колебаний климата [7]. Результаты дендрохронологических исследований по территории ЕСР согласуются в большей степени с данными, полученными по таежным древостоям Среднего и Южного Урала [17].

Для определения основного фактора, влияющего на прирост древесины, необходимо учитывать условия произрастания модельных деревьев. Количественное соотношение степени увлажнения воздуха и прироста древесных насаждений в избыточно увлажненных местообитаниях всегда характеризуется обратно пропорциональной зависимостью. Также установлено, что на участках развития песчаных и супесчаных почвогрунтов прямая связь прироста с весенне-летними осадками почти всегда выражена ярче, чем в местообитаниях с преобладанием суглинков, поскольку пески намного беднее суглинков питательными веществами. Поэтому, растущие на песчано-супесчаных грунтах постоянно «голодающие» древостои, оказываются «отзывчивей» на увеличение дождевых осадков, улучшающих трофические условия (в основном из-за большего количества кислорода), они отвечают значительно более выраженным относительным приростом (именно в данном дендроряду), чем древостои на более богатых почвах. Кроме того, песчаные почвогрунты обычно скорее протаивают и прогреваются теплыми дождевыми водами, чем менее проницаемые суглинки.

Контрасты между «сухими» и «влажными» периодами на территории ЕСР ярко не выражены и относительная влажность воздуха несколько выше, чем, например, в Западной Сибири. Мощность сезонно-мерзлотного слоя почвы в южной Карелии в 2 - 2,5 раза меньше, чем в среднетаежном Приобье, а благодаря более высокой температуре в апреле и мае (соответственно на 4,7 и 3,5 °С), таяние мерзлых грунтов происходит здесь на месяц-полтора раньше [7].

Таким образом, для территории ЕСР нет универсального климатического фактора, который бы вызывал достаточно сильный ответный сигнал в древесно-кольцевых хронологиях. При проведении дендрохронологических работ необходимо учитывать множество экзогенных

факторов: температуру воздуха и количество осадков за теплый период года на данной территории, биоценологическое положение дерева, которое влияет на количество света. Нами было установлено, что именно угнетенные деревья имеют наиболее сильный отклик на климатические изменения. Поэтому на территории ЕСР целесообразнее проведение дендроиндикационных исследований, в целях выявления климатического сигнала, в древостоях, произрастающих в условиях узкой экологической валентности, где факторы среды находятся в предельных значениях: избыток или недостаток влаги, тепла, света и другие эдафические условия. Такими могут быть окраины болот, скальники, галечные пляжи и др. Деревья, растущие на пределе своих возможностей, более чутко откликаются на любые изменения ведущего или угнетающего их фактора.

*Исследования проводятся в рамках подпроекта «Опасные и неблагоприятные климато-гидрологические процессы и явления на Европейском Севере России» Программы стратегического развития на 2012 - 2016 годы «Университетский комплекс ПетрГУ в научно-образовательном пространстве Европейского Севера: стратегия инновационного развития».*

## Литература

1. Афанасьев А. Н. Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР (в особенности в бассейне Байкала). М.: Наука, 1967. 229 с.
2. Битвинскас Т. Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеиздат. 1974. 172 с.
3. Битвинскас Т. Т. Опыт использования реперной системы солнечной активности для изучения закономерностей изменчивости радиального прироста деревьев // Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск: Наука, 1986. С. 174-186.
4. Битвинскас Т. Т., Кайратис И. И. Дендрохронологические шкалы сосны (*Pinus sylvestris* L.) дендроклиматологического профиля Мурманск – Карпаты // Дендрохронологические шкалы Советского Союза. Каунас, 1978. С. 52-69.
5. Вессарт В. В. Некоторые результаты дендрохронологических исследований на северо-западе Кольского полуострова // Изв. ВГО 1978. Т. 110, Вып. 5. С. 446-450.
6. Гренджер К., Хатанака М. Спектральный анализ временных рядов в экономике. М.: Статистика, 1972. 312 с.
7. Долгушин И. Ю. Особенности влияния дождей на заболоченные и болотные леса Западной Сибири // Известия АН СССР. Серия географическая. 1973, № 4. С. 70–79.
8. Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев: дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. Л.: Наука. Лен. отд. 1979. – 231 с.
9. Ловелиус Н. В. К методике дендроиндикационных исследований // Изучение биогеоценозов тундры и лесотундры. Л.: Наука, 1972. С. 69-73.
10. Максимов Е. В. Ритмичность природных явлений // Ритмика природных явлений. Л.: Геогр. о-во СССР, 1976. С. 5-8.
11. Максимов Е. В. Учение о ритмах в природе: Курс лекций. СПб., 1992. – 124 с.
12. Максимов Е. В. Ритмы на Земле и в Космосе. СПб.: Изд-во СПб.У. 1995. – 323 с.
13. Пановский Г. А., Брайер Г. В. Статистические методы в метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 242 с.
14. Рубинштейн Е. С., Полозова Л. Г. Современное изменение климата. Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 268 с.
15. Ступнева А. В. Пространственно-временная изменчивость основных статистик дендрорядов профиля Мурманск – Карпаты // Пространственные изменения климата и годовые кольца деревьев. Каунас. 1981. С. 90-100.



16. Ступнева А. В., Битвинскас Т. Т. Динамика прироста сосны и спектральный Анализ на различных участках профиля Мурманская обл.-Закарпатье // Условия среды и радиальный прирост деревьев. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1978, с. 70-72.
17. Шиятов С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. – 137 с.
18. Шнитников А. В. Внутривековая изменчивость общей увлажненности бассейна Ладожского озера // Гидрологический режим и водный баланс Ладожского озера. Л., 1966а. С. 5-57.
19. Шнитников А. В. Ритмы в природных явлениях, их причины и значение // Чтения памяти академика Л.С.Берга в связи с 90-летием со дня рождения. 16-18 марта 1966 г. Тезисы докладов. Л., 1966б. С. 5-11.
20. Шнитников А. В. Природные явления и их ритмическая изменчивость // Чтения памяти Л. С. Берга VIII – XIV. 1960-1966. Л.: Наука, Лен. отделен., 1968а. С. 3-15.
21. Шнитников А. В. Колебания климата в текущем тысячелетии и их палеогеографическое значение // Чтения памяти Л. С.Берга VIII – XIV. 1960-1966. Л.: Наука, Лен. отделен., 1968б. С. 172-206.
22. Шнитников А. В. Ритмы в природе и общественные пути их изучения // Ритмичность природных явлений. Чтения памяти акад. Л.С.Берга 16-18 марта 1971 г. Тезисы. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1971. С. 3-7.

## References

1. Afanas'ev A. N. Kolebanija gidrometeorologicheskogo rezhima na territorii SSSR (v osobennosti v bassejne Bajkala). M.: Nauka, 1967. 229 s.
2. Bitvinskas T. T. Dendroklimaticheskie issledovaniya. L.: Gidrometeoizdat. 1974. 172 s.
3. Bitvinskas T. T. Opyt ispol'zovaniya repernoj sistemy solnechnoj aktivnosti dlja izuchenija zakonomernostej izmenchivosti radial'nogo prirosta derev'ev // Dendrohronologija i dendroklimatologija. Novosibirsk: Nauka, 1986. S. 174-186.
4. Bitvinskas T. T., Kajratis I. I. Dendrohronologicheskie shkaly sosny (*Pinus sylvestris* L.) dendroklimatologicheskogo profilja Murmansk – Karpaty // Dendrohronologicheskie shkaly Sovetskogo Sojuza. Kaunas, 1978. S. 52-69.
5. Vessart V. V. Nekotorye rezul'taty dendrohronologicheskikh issledovaniy na severo-zapade Kol'skogo poluostrova // Izv. VGO 1978. T. 110, Vyp. 5. S. 446-450.
6. Grendzher K., Hatanaka M. Spektral'nyj analiz vremennyh rjadov v jekonomike. M.: Statistika, 1972. 312 s.
7. Dolgushin I. Ju. Osobennosti vlijaniya dozhdej na zabolochennye i bolotnye lesa Zapadnoj Sibiri // Izvestija AN SSSR. Serija geograficheskaja. 1973, № 4. S. 70–79.
8. Lovelius N. V. Izmenchivost' prirosta derev'ev: dendroindikacija prirodnyh processov i antropogennyh vozdeystvij. L.: Nauka. Len. otd. 1979. – 231 s.
9. Lovelius N. V. K metodike dendroindikacionnyh issledovaniy // Izučenie biogeocенозов tundry i lesotundry. L.: Nauka, 1972. S. 69-73.
10. Maksimov E. V. Ritmichnost' prirodnyh javlenij // Ritmika prirodnyh javlenij. L.: Geogr. o-vo SSSR, 1976. S. 5-8.
11. Maksimov E. V. Uchenie o ritmah v prirode: Kurs lekcij. SPb., 1992. – 124 s.
12. Maksimov E. V. Ritmy na Zemle i v Kosmose. SPb.: Izd-vo SPb.U. 1995. – 323 s.
13. Panovskij G. A., Brajer G. V. Statisticheskie metody v meteorologii. L.: Gidrometeoizdat, 1967. – 242 s.
14. Rubinshtejn E. S., Polozova L. G. Sovremennoe izmenenie klimata. L.: Gidrometeoizdat, 1966. – 268 s.

15. Stupneva A. V. Prostranstvenno-vremennaja izmenchivost' osnovnyh statistik dendrorjadov profilja Murmansk – Karpaty // Prostranstvennyye izmeneniya klimata i godichnye kol'ca derev'ev. Kaunas. 1981. S. 90-100.
16. Stupneva A. V., Bitvinskas T. T. Dinamika prirosta sosny i spektral'nyj Analiz na razlichnyh uchastkah profilja Murmanskaja obl.-Zakarpate // Uslovija sredy i radial'nyj prirost derev'ev. Kaunas: In-t botaniki AN LitSSR, 1978, s. 70-72.
17. Shijatov S. G. Dendrochronologija verhnjej granicy lesa na Urale. M.: Nauka, 1986. – 137 s.
18. Shnitnikov A. V. Vnutrivenkovaja izmenchivost' obshhej uvlazhnennosti bassejna Ladozhskogo ozera // Gidrologicheskij rezhim i vodnyj balans Ladozhskogo ozera. L., 1966a. S. 5-57.
19. Shnitnikov A. V. Ritmy v prirodnyh javlenijah, ih prichiny i znachenie // Chtenija pamjati akademika L.S.Berga v svjazi s 90-letiem so dnja rozhdenija. 16-18 marta 1966 g. Tezisy dokladov. L., 1966b. S. 5-11.
20. Shnitnikov A. V. Prirodnye javlenija i ih ritmicheskaja izmenchivost' // Chtenija pamjati L. S. Berga VIII – XIV. 1960-1966. L.: Nauka, Len. otdelen., 1968a. S. 3-15.
21. Shnitnikov A. V. Kolebanija klimata v tekushhem tysjacheletii i ih paleogeograficheskoe znachenie // Chtenija pamjati L. S.Berga VIII – XIV. 1960-1966. L.: Nauka, Len. otdelen., 1968b. S. 172-206.
22. Shnitnikov A. V. Ritmy v prirode i obshhestvennye puti ih izuchenija // Ritmichnost' prirodnyh javlenij. Chtenija pamjati akad. L.S.Berga 16-18 marta 1971 g. Tezisy. L.: Gidrometeorologicheskoe izdatel'stvo, 1971. S. 3-7.