

**В.Т. Ярмишко, О.В. Игнатъева**

**РЕАКЦИИ СТАРОВОЗРАСТНЫХ СОСЕН (*PINUS SYLVESTRIS* L.)  
НА ИЗМЕНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
НА КОЛЬСКОМ СЕВЕРЕ**

*Введение.* Угрозы, создаваемые интенсивной хозяйственной деятельностью человека и глобальным изменением климата, привели к горячим дискуссиям о состоянии и росте лесов на Кольском Севере в течение последних трех десятилетий. Несмотря на огромный вклад исследовательских ресурсов, на эти глобальные вопросы не было найдено четких ответов, хотя наши знания о воздействии природных и антропогенных факторов существенно возросли. Тем не менее, многие вопросы, связанные с современным состоянием лесов, их устойчивостью все еще остаются открытыми.

Всестороннее изучение особенностей роста и развития основных лесобразующих пород является актуальным в настоящее время не только с точки зрения оценки биологической продуктивности лесных экосистем, но и как фактической основы для оценки эффектов популяционных взаимоотношений, в частности, выяснения причин индивидуальной изменчивости и устойчивости древесных видов под влиянием природных и антропогенных факторов [Шиятов, 1986; Ярмишко, Игнатъева, 2021; Евдокимов, Ярмишко, 2023; Fritts, 1966; Hustich, 1978; Forest condition..., 2000]. Одной из важных современных проблем является анализ динамических процессов, наблюдающихся в лесных сообществах в условиях изменяющейся окружающей среды на Кольском Севере.

Современный лесной покров во многих районах Кольского Севера представляет собой огромную сукцессионную систему, подавляющее большинство процессов в которой инициировано хозяйственной деятельностью человека. Начавшееся еще в довоенное время прошлого века интенсивное строительство жилых и промышленных объектов потребовало огромного количества древесных ресурсов. Объем их определялся исключительно потребностью хозяйств в лесоматериалах и техническими возможностями лесозаготовительных предприятий. Площадь лесов, нарушенных рубками, в частности, наиболее разрушительными сплошными

рубками, во много раз превышала площадь лесов, пострадавших от воздействия другого мощного антропогенного фактора на Кольском полуострове – промышленного атмосферного загрязнения [Цветков, 2002; Ярмишко и др., 2009].

Характерной особенностью атмосферного загрязнения является быстрое распространение его на большие расстояния с образованием обширных полей загрязнения воздушной, водной и почвенной среды. К воздействию этого фактора растения эволюционно не приспособлены. Токсические вещества, нарушая физиологические процессы, оказывают на растения не только прямое отрицательное воздействие, но и сужают пределы толерантности к естественным факторам среды [Ярмишко и др., 2009; Лянгузова, 2010; Ярмишко, Игнатьева, 2021].

Цель настоящих исследований состояла в оценке реакций старовозрастных деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на изменение характеристик физической и ценотической среды на вырубках. Они были оставлены на вырубках во время лесозаготовок для обсеменения нарушенных территорий. Вековые сосны использовались в качестве модельных деревьев среди сохранившихся перестойных древостоев. Важной также была оценка реакций вековых сосен на хроническое загрязнение SO<sub>2</sub> и соединениями тяжелых металлов (Cu, Ni, Co). Основным интегральным количественным показателем состояния сосны обыкновенной в рассматриваемых условиях Кольского Севера был выбран радиальный прирост (РП) древесины.

*Материалы и методика исследования.* Исследования на Кольском Севере проводятся нами с 1981 г. преимущественно во вторичных лишайниковых и зеленомошно-лишайниковых сосновых лесах. Принадлежность сообществ к одному типу устанавливалась по положению их в ландшафте, характеру почвообразующих пород и типу почв.

Сосновые леса распространены в районах исследований в средних частях северных и восточных склонов холмов, реже на относительно ровных участках моренных равнин, сложенных песчаными ледниковыми и водноледниковыми отложениями. Для сообществ этой группы характерны Al-Fe-гумусовые подзолистые почвы с толщиной подстилки до 5 см и содержанием гумуса в иллювиальном горизонте до 3%.

В центральной части Кольского полуострова древесный ярус сосновых лесов достаточно сильно разрушен рубками и пожарами, давность которых оценивается в 70–90 лет. На нарушенных территориях в настоящее время наблюдается интенсивное формирование молодых древостоев, среди кото-

рых сохраняются вековые (VII–XVII классов возраста) сосны (*Pinus sylvestris*), оставленные в качестве деревьев-семенников (25–30 шт./га) или недорубов. Предполагалось, что по оценке жизненного состояния надземных органов и РП древесины вековых сосен можно судить об их реакции на изменение окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов на протяжении не одной сотни лет.

Древесный ярус сосновых лесов (III–IV классов возраста), где оставлены семенные деревья лучшего качества и встречаются недорубы, образован сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*) с небольшим участием (до 10%) березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), иногда с единичной примесью ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.). Древостои изученных северо-таежных сосняков отличаются разреженностью, низкой сомкнутостью крон, низкими таксационными характеристиками.

В формирующихся на вырубках вторичных сосновых лесах основу травяно-кустарничкового яруса формируют *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., *Empetrum hermaphroditum* Hagerup; общее покрытие яруса составляет в среднем около 30%. В напочвенном покрове лишайниковых и зеленомошно-лишайниковых сосняков в разных соотношениях представлены виды родов *Cladonia* и *Cladina*, *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.

Основным источником промышленного загрязнения в районе исследований является комбинат «Североникель» (г. Мончегорск, 67°55' с. ш. 32°48' в. д.), который начал свою деятельность в 1939 г. [Позняков, 1999]. Максимальные выбросы, составляющие в среднем 230 тыс. т SO<sub>2</sub> и 15 тыс. т в год мелкодисперсной полиметаллической пыли, содержащей смесь сульфидов и оксидов тяжелых металлов (Ni, Cu и Co), наблюдались в период с 1973 по 1992 гг. [Кольская..., 2024].

Методика подбора, закладки ППП и детального анализа древесной растительности описана нами в более ранних работах [Ярмишко, 1997; Методы..., 2002]. В каждом районе исследований подбирались по 10–12 модельных деревьев сосны обыкновенной в возрасте 140–350 лет (высотой от 14 до 18 м и диаметром от 16 до 80 и более см).

Для определения интенсивности прироста древесины сосны обыкновенной у моделей отбирались керны буравом Пресслера на высоте 1,3 м от корневой шейки. Измерение ширины годичных колец древесины выполнялось на дендрометре [Ярмишко, 1983].

Оценку жизненного состояния исследуемых деревьев проводили по методике, подробно изложенной в ряде работ [Методы..., 2002; Ярмишко, Игнатьева, 2021; Евдокимов, Ярмишко, 2023].

*Результаты исследования.* Сосновые леса на Кольском Севере достаточно активно осваиваются человеком с давних пор. Особенно интенсивные лесозаготовки были развернуты в середине прошлого столетия. Многолетние наблюдения за ходом естественного возобновления и формирования древостоев в тех лишайниковых и зеленомошно-лишайниковых сосняках, где антропогенное воздействие на лесные фитоценозы оставалось сравнительно небольшим или вовсе отсутствовало, позволили нам составить обобщенную картину восстановления нарушенных сосновых лесов [Ярмишко, 1997; Ярмишко и др., 2009; Ярмишко, Игнатьева, 2021].

Важнейшими в настоящей работе являются данные о радиальном росте одиночных вековых сосен (XV–XVII классов возраста), оставленных в свое время на вырубках для обсеменения нарушенных территорий (рис. 1).



*Рис. 1.* Сосна обыкновенная в возрасте 340 лет, оставленная на зеленомошно-лишайниковой вырубке в качестве семенника для обеспечения последующего возобновления (Ковдорский район, Мурманская обл.)

*Fig. 1.* Scots pine at the age of 340 years, left on a mossy lichen felling as a seed source to ensure subsequent renewal (Kovdorsky district, Murmansk region)

Эти старовозрастные сосны (до 25 шт./га) не имели механических повреждений во время рубок, а также пожарных шрамов на стволах. Их кроны высоко подняты и хорошо развиты, имеют здоровый внешний вид, продолжительность жизни хвои на деревьях достигает 5,5–6 лет без при-

знаков повреждений насекомыми-вредителями и токсическими веществами (хлорозы или некрозы). Керны древесины, взятые с целью определения возраста деревьев и погодичного РП древесины, свидетельствовали об отсутствии гнили внутри стволов.

Отобранные и обработанные керны старовозрастных деревьев мы замечали по годичным кольцам на четыре возрастных периода, соответствующих разной интенсивности РП. Первый, так называемый период формирования молодых древостоев сосны обыкновенной, после, очевидно, тотальных пожаров (в то время сплошные рубки в рассматриваемых районах не применялись), продолжался около 60 лет (с 1703 по 1764 гг.). Из рис. 2 видно, что в молодом возрасте интенсивность ежегодного РП достигала 3–3,5 мм/год и имела тенденцию к существенному снижению (до 1–0,5 мм/год). Снижение интенсивности РП древесины мы связываем с усилением конкурентных взаимоотношений в формирующемся сообществе на вырубке. Схожие реакции РП сосны обыкновенной можно наблюдать в настоящее время в формирующихся средневозрастных молодняках сосны обыкновенной [Ярмишко, Игнатьева, 2021].

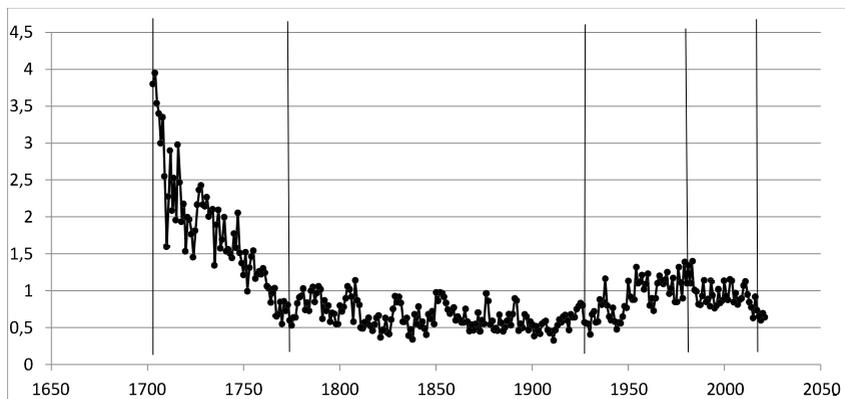


Рис. 2. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной XVII класса возраста, произрастающей среди формирующегося вторичного 70-летнего сосняка зеленомошно-лишайникового в Ковдорском р-не (Мурманская обл.).

Условные обозначения: по оси ординат – прирост древесины в мм;  
по оси абсцисс – годы

Fig. 2. Dynamics of radial growth of scots pine of the XVII age class, growing among the emerging secondary 70-year-old green moss-lichen pine forest in Kovdorsky district (Murmansk region). Symbols: on the ordinate axis – wood growth in mm; on the abscissa axis – years

Второй период, длившийся около 170 лет, характеризовался относительно стабильным РП, составляющим в среднем 0,6–0,7 мм/год. В рассматриваемый период роста и развития сосны установилась, на наш взгляд, стабильная фитоценотическая среда без реальных внешних нарушений (пожаров, рубок, природных погодных катаклизмов и т. п.). Просматривающиеся флуктуации РП сосны происходили, по нашему мнению, на фоне изменяющейся окружающей среды под влиянием природных погодных условий в регионе (рис. 2). При этом выявлена определенная цикличность интенсивных (выше средних на 50%) и низкой интенсивности (менее 45–50% от среднего значения) РП. Чередование РП высокой и низкой интенсивности в целом можно подвести к соответствию 11-летним солнечным циклам Швабе-Вольфа [Витинский и др., 1986], что особенно характерно для северных широт [Матвеев, Румянцев, 2013].

Выделенный третий период (рис. 2) обращает на себя внимание интенсификацией РП перестойных сосен в 50-х гг. прошлого века. Он варьировал в это время в пределах от 1 до 1,3 мм/год, что было почти в 2 раза выше, чем в предшествующее длительное и относительно стабильное время роста и развития древостоев. Архивные документы лесохозяйственных и лесостроительных предприятий свидетельствовали о том, что в 1940-х гг. в рассматриваемых районах исследований начались массовые заготовки ценнейшей древесины сосны обыкновенной [Цветков, Семенов, 1985]. Естественно, что после сплошной вырубki древостоя и разрушения напочвенного покрова конкуренция среди сохранившихся растений радикально ослабевала. Из рис. 2 видно, что оставшиеся старовозрастные деревья-семенники на вырубках положительно реагировали на это нарушение увеличением ежегодного прироста древесины в 1,3–1,5 раза (до 1–1,1 мм/год). Этот показатель практически не менялся в течение 50 лет (рис. 2). Однако в последнее время РП вековых сосен начал проявлять тенденцию к снижению, что прямо связано, на наш взгляд, с усиливающейся конкуренцией со стороны интенсивно развивающегося молодого сообщества сосны обыкновенной (рис. 2).

Для сравнительного анализа динамики РП более молодых древостоев сосны обыкновенной (VII–VIII классов возраста) мы подобрали в Ковдорском районе модельные деревья в спелых лишайниковых сосняках с давностью последнего пожара 130 лет (рис. 3). Из рис. 4 видно, что в начале формирования древостоя на нарушенной территории флуктуации РП древесины были достаточно выражены (значения прироста варьировали в пределах от 3,18 до 1 мм/год) и подчинялись в основном изменениям погодных условий в вегетационный период. Нельзя исключать влияние конкурентных взаимоотношений растений в формирующемся молодом сообществе за свет и минеральное питание. Ежегодный РП сосны в рассматриваемый период (более 50 лет) достигал в среднем 1,9 мм и имел выраженную тенденцию к снижению (рис. 4).



Рис. 3. Сосняк зеленомошно-лишайниковый VII класса возраста в Ковдорском районе (Мурманская обл.)

Fig. 3. Green moss-lichen pine forest of the VII age class in Kovdorsky district (Murmansk region)

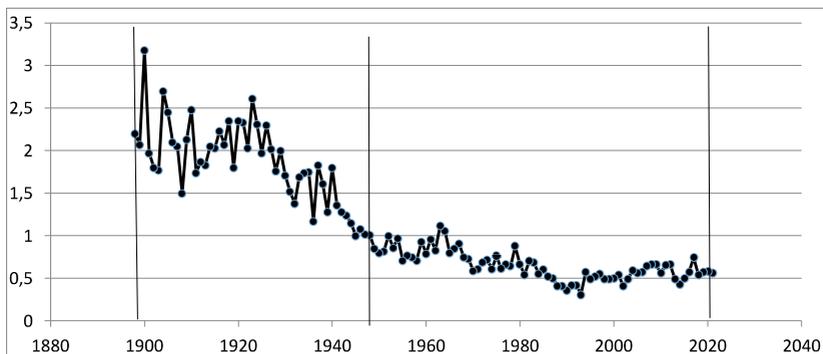


Рис. 4. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в сосняке лишайниковом VII класса возраста в Ковдорском районе (Мурманская обл.). Условные обозначения: по оси ординат – прирост древесины в мм; по оси абсцисс – годы

Fig. 4. Dynamics of radial growth of scots pine in lichen pine forest of the VII age class in Kovdorsky district (Murmansk region).

Symbols: on the ordinate axis – wood growth in mm; on the abscissa axis – years

Следующий период роста и развития сосняка лишайникового, длившийся более 70 лет, характеризовался относительной стабильностью конкурентных взаимоотношений в сообществе, хотя прирост древесины был почти в 3 раза ниже, чем в молодом возрасте (рис. 4). Судя по динамике РП, на рассматрива-

емом участке резких нарушений (пожары, рубки) в состоянии окружающей среды в исследуемый период не было зафиксировано, что отличается от РП вековых сосен-семенников, которые испытывали на себе резкое снижение конкурентных взаимоотношений после вырубки основного древостоя (рис. 2), а также давление со стороны формирующегося молодого вторичного леса.

В программу наших исследований входило всестороннее изучение состояния молодых сосняков зеленомошно-лишайниковых в районе Чунозерской усадьбы Лапландского биосферного заповедника, которые были уже в 1980-х гг. подвержены воздействию промышленных атмосферных выбросов комбината «Североникель». Необходимо отметить, что в это время наблюдений фиксировались максимальные количества выбросов токсических веществ ( $\text{SO}_2$  и тяжелых металлов) и этот район относился к зоне среднего аэротехногенного загрязнения [Ярмишко, 1997]. Молодые сообщества сосны обыкновенной (II–III класса возраста) имели весьма угнетенный вид: ежегодный РП составлял в среднем 0,7 мм, хвоя была поражена хлорозами и некрозами, продолжительность ее жизни на деревьях не превышала 4 лет, напочвенный покров был крайне угнетен, эпифитные и напочвенные лишайники были почти полностью уничтожены. Среди формирующихся молодняков сосны обыкновенной на месте сплошной вырубки, судя по обгорелым пням и корневым лапам деревьев, пройденной достаточно сильным низовым пожаром, располагались вековые сосны, оставленные в качестве семенников, часть из которых уже были сухими (рис. 5).

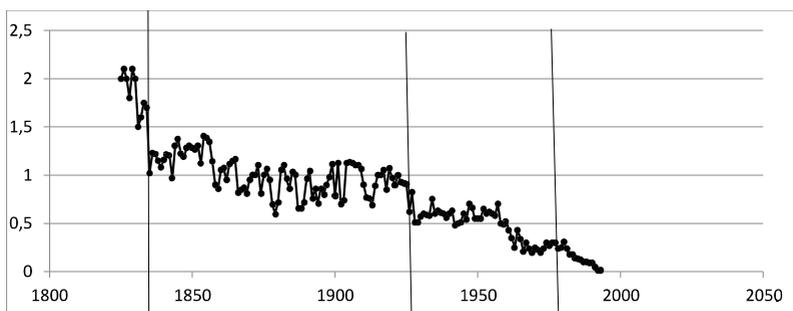
Судя по тому, как на стволах сосен облетела кора, и пожарным шрамам, отмирание их произошло примерно 45-50 лет назад. Другая часть вековых деревьев находилась в очень ослабленном состоянии, с редкой кроной, поврежденной хвоей и с обгорелыми скелетными корнями.

Датировка полученных кернов древесины с уже засохших особей сосны с таковыми, отобранными у сохранившихся еще живых сосен, позволила нам установить время отмирания модельных деревьев на рассматриваемой территории. Анализ кернов древесины сосны обыкновенной показал следующее. В начале формирования молодых сосен на выручке, где конкурентные взаимоотношения между растениями были существенно снижены, РП варьировал в пределах от 1,7 до 2,1 мм/год (среднее значение 1,9 мм/год) и имел отчетливую тенденцию к снижению (по мере усиления конкуренции со стороны развивающегося молодняка). В дальнейшем с 1836 по 1926 гг. РП относительно стабилизировался, хотя его интенсивность была почти в 2 раза ниже по сравнению с предыдущим периодом (рис. 6). Он также имел выраженную тенденцию к снижению. С 1930 по 1960 гг. наблюдалась (рис. 6) некоторая стабилизация РП, хотя он имел достаточно низкие значения (0,53 мм/год).



*Рис. 5. Усохшие под воздействием аэротехногенного загрязнения вековые сосны среди молодняка IV класса возраста в районе Чунозерской усадьбы Лапландского биосферного заповедника*

*Fig. 5. Century-old pine trees shrunken under the influence of areotechnogenic pollution among young animals of the IV age class in the area of the Chunozersk estate of the Lapland Biosphere Reserve*



*Рис. 6. Динамика радиального прироста древесины сосны обыкновенной X класса возраста, оставленной в свое время для обсеменения нарушенной территории, произраставшей среди формирующегося молодого сосняка в районе среднего уровня аэротехногенного загрязнения и засохшей в начале 1990-х гг. Условные обозначения: по оси ординат – прирост древесины в мм; по оси абсцисс – годы*

*Fig. 6. Dynamics of radial growth of ordinary pine wood of the X age class, left at one time for seeding the disturbed territory, growing among the emerging young pine trees in the area of the average level of areotechnogenic pollution and dried up in the early 1990s. Symbols: on the ordinate axis – wood growth in mm; on the abscissa axis – years*

В период с 1960 по 1972 гг. наблюдалось дальнейшее, достаточно резкое снижение интенсивности РП у старовозрастных сосен; он не превышал 0,2–0,3 мм/год. Объяснить это можно синергическим воздействием конкуренции интенсивно развивающегося сообщества сосны, сильной ослабленностью перестойных сосен, естественными возрастными причинами и, возможно, лишь частичным увеличением техногенной нагрузки. Однако в течение непродолжительного времени (с 1973 по 1980 гг.) интенсивность РП увеличилась на 10–12% в сравнении с предыдущим периодом роста (рис. 6). Это связано, на наш взгляд, с накоплением в лесном сообществе диоксидов серы и смеси сульфидов и оксидов тяжелых металлов (Ni, Cu и Co), создающих мелиорирующий эффект на маломощных бедных северо-таежных почвах. С начала 1980-х гг. наблюдалось достаточно интенсивное снижение РП сосны (с 0,18 до 0,02–0,01 мм/год) и его прекращение в 1993 году (рис. 6). Причинами отмирания вековых сосен в рассматриваемом районе можно назвать ослабленность деревьев, естественные возрастные причины и техногенное загрязнение, интенсивность которого достигала в это время максимальных значений.

В непосредственной близости к комбинату «Североникель» (8–10 км), в импактной зоне, к моменту начала наших исследований живые старовозрастные сосны не встречались.

*Заключение.* Исследованиями установлено, что вековые сосны-семенники в молодом возрасте достаточно четко реагировали повышенными значениями РП, подобно современным молодым древостоям. Затем наблюдался заметный спад интенсивности РП, что связано, прежде всего, с усилением конкурентных взаимоотношений в формирующемся сообществе, и относительная его стабилизация, начиная с 60–70-летнего возраста.

Следующий период роста сосны обыкновенной, длившийся сотни лет, характеризовался относительно стабильным РП древесины. В это время сформировалась, на наш взгляд, благоприятная фитоценотическая среда в рассматриваемых сообществах без внешних нарушающих факторов.

Анализ кернов древесины показывает, что перестойные сосны в возрасте 250–270 лет достаточно активно реагировали на вырубку основного древостоя повышением интенсивности РП в 1,5–2 раза в сравнении с предыдущим, почти 200-летним периодом роста. Установившийся уровень интенсивности РП существенно не менялся на протяжении почти 50 лет. Однако в последние годы старовозрастные сосны отреагировали на усиление конкуренции интенсивно развивающегося молодого сообщества сосны обыкновенной снижением интенсивности РП.

Подобные результаты реакций РП сосны обыкновенной VII-VIII классов возраста были получены в древостоях, не нарушенных внешним воздействием и имеющих здоровый внешний вид.

В обследованных лесных сообществах, подверженных воздействию промышленного атмосферного загрязнения двуокисью серы в сочетании с тяжелыми металлами (Ni, Cu, Co и др.) большинство вековых сосен в импактной зоне засохли еще в 60–70-х гг. прошлого столетия. В буферной зоне, где фиксировались средние уровни загрязнения, среди молодняков сосны обыкновенной встречаются отдельные вековые сосны в весьма угнетенном состоянии. Многие особи засохли в 90-е годы прошлого столетия, не выдержав столь резко выраженного изменения окружающей среды в результате накопления в сообществе токсикантов.

В заключение можно отметить, что вековые сосны (*Pinus sylvestris*) в условиях Кольского Севера достаточно выражено реагируют на изменения окружающей среды повышением или снижением интенсивности радиального прироста древесины. Для оценки реакций отдельных старовозрастных деревьев и древостоев сосны обыкновенной на глобальные изменения климата в регионе требуются более длительные комплексные исследования с использованием современного научного оборудования.

*Сведения о финансировании* исследования. Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме «История создания, состояние, потенциал развития живых коллекций Ботанического сада Петра Великого БИН РАН». Регистрационный номер – 124020100075-2.

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Библиографический список

Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. М.: Наука, 1986. 295 с.

Евдокимов А.С., Ярмишко В.Т. Структура древесного яруса лесных сообществ центральной части Кольского полуострова, формируемая при снижении аэротехногенной эмиссии // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2023. Т. 31, № 1. С. 115–126. DOI: 10.22363/2313-2310-31-1-116-126

Кольская ГМК: официальный сайт. URL: <http://www.kolagmk.ru/> (дата обращения: 15.12.2023).

Лянгузова И.В. Толерантность компонентов лесных экосистем Севера России к аэротехногенному загрязнению: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб.: Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 2010. 43 с.

Матвеев С.М., Румянцев Д.Е. Дендрохронология: пособие для студентов ВУЗов. Воронеж: ВГЛТА, 2013. 139 с.

Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИ химии СПбГУ, 2002. 240 с.

Позняков В.Я. Североникель. М.: ГУБ «Руда и металлы», 1999. 432 с.

Цветков В.Ф., Семенов Б.А. Сосняки Крайнего Севера. М.: Агропромиздат, 1985. 116 с.

Цветков В.Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них. Архангельск: Изд-во Арх. гос. тех. ун-та, 2002. 380 с.

Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с.

Ярмишко В.Т. Прибор для измерения годичных колец деревьев // Ботанический журнал. 1983. Т. 68, № 10. С. 1428–1430.

Ярмишко В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере. СПб.: Изд-во НИИ химии СПбГУ, 1997. 210 с.

Ярмишко В.Т., Баккал И.Ю., Борисова О.В., Горшков В.В., Катютин П.Н., Лянгузова И.В., Мазная Е.А., Ставрова Н.И., Ярмишко М.А. Динамика лесных сообществ Северо-Запада России. Отв. редактор В.Т. Ярмишко. СПб.: ВВМ, 2009. 276 с.

Ярмишко В.Т., Игнатьева О.В. Сообщества *Pinus sylvestris* L. в техногенной среде на Европейском Севере России: структура, особенности роста и состояние // Сибирский лесной журнал. 2021. № 3. С. 44–55.

Forest Condition in a Changing Environment. The Finnish Case. Ed. by Eino Mälkönen. Kluwer Acad. Publ., 2000. 380 p.

Fritts H.C. Growth rings of trees: their correlation with climate // Science. 1966. Vol. 154. P. 973–979.

Hustich I. The growth of Scots pine in northern Lapland, 1928-1977 // Ann. Bot. Fenn. 1978. Vol.15. P. 241–252.

## References

Evdokimov A.S., Yarmishko V.T. The structure of the tree layer of forest communities in the central part of the Kola Peninsula, formed with a decrease in aerotechnogenic emissions. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and life safety*, 2023, vol. 31, no. 1, pp. 115–126. DOI: 10.22363/2313-2310-31-1-116-126. (In Russ.)

Forest Condition in a Changing Environment. The Finnish Case. Ed. by Eino Mälkönen. Kluwer Acad. Publ., 2000. 380 p.

Fritts H.C. Growth rings of trees: their correlation with climate. *Science*, 1966, vol.154, pp. 973–979.

Hustich I. The growth of Scots pine in northern Lapland, 1928–1977. *Ann. Bot. Fenn.*, 1978, vol. 15, pp. 241–252.

Kola MMC: official website. URL: <http://www.kolagmk.ru/> (assessed December 15, 2023). (In Russ.)

*Lyanguzova I.V.* Tolerance of components of forest ecosystems of the North Russia's attitude to aerotechnogenic pollution: author's abstract. Dis. ... Doctor of Biological sciences. St. Petersburg: Komarov Botanical Institute RAS, 2010. 43 p. (In Russ.)

*Matveev S.M., Rumyantsev D.E.* Dendrochronology: textbook for university students. Voronezh: Voronezh State Forest Technical Academy, 2013. 139 p. (In Russ.)

Methods of studying forest communities. St. Petersburg: Institute of Chemistry of St. Petersburg State University, 2002. 240 p. (In Russ.)

*Poznyakov V.Ya.* Severonikel. Moscow: GUB «Ore and metals», 1999. 432 p. (In Russ.)

*Shiyatov S.G.* Dendrochronology of the upper boundary of the forest in the Urals. M.: Nauka, 1986. 136 p. (In Russ.)

*Tsvetkov V.F., Semenov B.A.* The pine forests of the Far North. M.: Agropromizdat, 1985. 116 p. (In Russ.)

*Tsvetkov V.F.* Pine forests of the Kola Forest area and management farms in them. Arkhangelsk: Publishing House of the Architecture State Technical University, 2002. 380 p. (In Russ.)

*Vitinskiy Yu.I., Kopetskiy M., Kuklin G.V.* The statistics of Sun spot-forming activity. M.: Nauka, 1986. 295 p. (In Russ.)

*Yarmishko V.T.* A device for measuring the annual rings of trees. *Bot. zhurn.*, 1983, vol. 68, no. 10, pp. 1428–1430. (In Russ.)

*Yarmishko V.T.* Scots pine and atmospheric pollution on the European North. St. Petersburg: Publishing House of the St. Petersburg State University Institute of Chemistry, 1997. 210 p. (In Russ.)

*Yarmishko V.T., Bakkal I.Yu., Borisova O.V., Gorshkov V.V., Katyutin P.N., Lyanguzova I.V., Maznaya E.A., Stavrova N.I., Yarmishko M.A.* Dynamics of forest communities in the North-West of Russia. Editor V.T. Yarmishko. St. Petersburg: VVM, 2009. 276 p. (In Russ.)

*Yarmishko V.T., Ignatyeva O.V.* *Pinus sylvestris* L. communities in the technogenic environment in the European North of Russia: structure, growth characteristics and condition. *Siberian Forest Journal*, 2021, no. 3, pp. 44–55. (In Russ.)

*Материал поступил в редакцию 30.01.2024*

---

**Ярмишко В.Т., Игнатъева О.В.** Реакции старовозрастных сосен (*Pinus sylvestris* L.) на изменение окружающей среды на Кольском Севере // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 252. С. 244–259. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.252.244-259

Исследовались реакции сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на изменения окружающей среды после внешних нарушений (рубки, пожары, аэротехногенное загрязнение) на Кольском Севере. Установлено, что вековые сосны-семенники в молодом возрасте достаточно четко реагировали на снижение конкуренции после внешних воздействий усилением радиального прироста древесины (РП). Затем наблюдался заметный спад интенсивности РП, что связано, прежде всего, с обострением конкурентных взаимоотношений в формирующемся молодом сообществе. Следующий период роста и развития сосны обыкновенной, длившийся более 170 лет, характеризовался относительной стабильностью фитоценотической среды, что предопределяло устойчивость РП. Затем имело место внешнее нарушение годами сложившегося сообщества в результате вырубki древостоя. Оставшиеся для обсеменения вырубki сосны в возрасте 250–270 лет достаточно активно реагировали повышением интенсивности РП в 1,5–2 раза в сравнении с предыдущим, многолетним периодом роста. Установившаяся интенсивность РП существенно не менялась на протяжении почти 50 лет. Однако в последние годы старовозрастные сосны отреагировали на усиление конкуренции интенсивно развивающегося молодого сообщества сосны обыкновенной снижением РП. Во время относительной стабилизации в сообществах наблюдались периоды депрессий и экспрессий РП, связанные с изменением погодных условий. В обследованных лесных сообществах, подверженных воздействию промышленного атмосферного загрязнения двуокисью серы в сочетании с тяжелыми металлами (Ni, Cu, Co и др.), большинство вековых сосен в зоне интенсивного загрязнения засохли в 60–70-х гг. прошлого века. В районах, где фиксировались средние уровни промышленного загрязнения, среди молодняков сосны обыкновенной встречаются отдельные вековые сосны в угнетенном состоянии. Многие из них засохли в 90-е годы прошлого столетия, не выдержав столь резко выраженного изменения окружающей среды. В заключение следует подчеркнуть, что вековые сосны (*Pinus sylvestris*) в условиях Кольского Севера достаточно живо реагируют на изменения окружающей среды повышением или снижением интенсивности РП древесины.

Ключевые слова: вырубki, сосна обыкновенная, радиальный прирост, конкуренция, загрязнение, Кольский Север.

**Yarmishko V.T., Ignatyeva O.V.** Reactions of old-growth pines (*Pinus sylvestris* L.) to environmental changes in the Kola North. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnicheskoy Akademii*, 2025, iss. 252, pp. 244–259 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.252.244-259

The reactions of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) to environmental changes after external disturbances (logging, fires, aerotechnogenic pollution) in the Kola North were studied. It was found that century-old pine trees-seed sources at a young age reacted quite clearly to a decrease in competition after external influences by

increasing radial growth of wood (RP). Then there was a noticeable decrease in the intensity of RP, which is primarily due to the aggravation of competitive relationships in the emerging young community. The next period of growth and development of Scots pine, lasting more than 170 years, was characterized by the relative stability of the phytocenotic environment, which predetermined the stability of the RP. Then there was an external violation of the established community for years as a result of cutting down the stand. The remaining for felling seeds pines aged 250–270 years reacted quite actively by increasing the intensity of RP by 1.5–2 times compared to the previous, long-term growth period. The established intensity of RP has not changed significantly for almost 50 years. However, in recent years overgrown pines have reacted to increased competition from the intensively developing young community of Scots pine by reducing RP. During the relative stabilization, periods of depression and RP expression associated with changes in weather conditions were observed in communities. In the surveyed forest communities exposed to industrial atmospheric pollution with sulfur dioxide in combination with heavy metals (Ni, Cu, Co, etc.), most of the century-old pines in the zone of intense pollution withered in 60-70s in the last century. In areas where average levels of industrial pollution were recorded, individual century-old pines in a depressed state are found among the young of Scots pine. Many of them dried up in the 90s of the last century, unable to withstand such a pronounced change in the environment. In conclusion, it should be emphasized that century-old pines (*Pinus sylvestris*) in conditions of Kola North they react quite vividly to environmental changes by increasing or decreasing the intensity of the RP of wood.

**Key words:** logging, Scots pine, radial growth, competition, pollution, Kola North.

---

**ЯРМИШКО Василий Трофимович** – заведующий отделом «Ботанический сад Петра Великого» Ботанического института имени В.Л. Комарова РАН, профессор Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор биологических наук. SPIN-код: 4483-9930. ORCID: 0000-0001-6893-4748.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [vasiliyarmishko@yandex.ru](mailto:vasiliyarmishko@yandex.ru)

**YARMISHKO Vasily T.** – DSc (Biological), Head of the Department «Peter the Great Botanical Garden» of the V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Professor, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 4483-9930. ORCID: 0000-0001-6893-4748.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: [vasiliyarmishko@yandex.ru](mailto:vasiliyarmishko@yandex.ru)

**ИГНАТЬЕВА Оксана Васильевна** – заведующий кафедрой ботаники и дендрологии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат биологических наук, доцент.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [ignateva\\_oksana@inbox.ru](mailto:ignateva_oksana@inbox.ru)

**IGNATYEVA Oksana V.** – PhD (Biological), Head of the Department of Botany and Dendrology of St.Petersburg State Forest Technical University, Associate Professor.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: [ignateva\\_oksana@inbox.ru](mailto:ignateva_oksana@inbox.ru)