

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ЭКОЛОГИЯ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ»

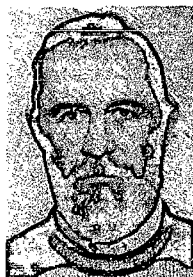
УДК [504.064.36:574]:630*425:630*453

В.И. КРУТОВ, В.В. ДЬЯКОНОВ

Институт леса Карельского НЦ РАН



Крутов Виталий Иванович родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, директор, заведующий лабораторией лесной микологии и энтомологии Института леса Карельского НЦ РАН, заслуженный лесовод РФ и РК. Имеет около 170 печатных работ в области лесной фитопатологии и защиты леса, лесопатологического мониторинга.



Дьяконов Вячеслав Васильевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесоведения и лесоводства Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет около 60 печатных работ по лесоводственным и экологическим аспектам рубок, экологии и мониторингу лесных экосистем.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ КАРЕЛИИ

Проведено комплексное изучение влияния промышленных эмиссий на лесные экосистемы. Программой работ предусматривались регулярные наблюдения за рядом биотических и антропогенных факторов, обуславливающих состояние лесов.

A complex study of industrial emissions influence on forest ecosystems has been carried out. The work program comprised regular observations over a number of biotic and anthropogenic factors providing influence on the state of forests.

Леса занимают более 50 % территории Республики Карелии и являются одним из основных ее природных богатств, что определяет их ведущую роль в экономике республики. Кроме функций источника древесного сырья, они выполняют важные климаторегулирующую, средообразующую и средозащитную функции на Северо-Западе России. В лесном фонде преобладают ценные хвойные породы: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), ели европейская (*Picea abies*) и сибирская (*P. obovata*), которыми занято 88,9 % лесопокрытой площади, в том числе сосной – 63,8 % [4]. На оставшейся части произрастают лиственные породы: березы повислая (*Betula pendula*) и пушистая (*B. pubescens*), осина (*Populus tremula*). В северной и средней Карелии насаждения в основном сосновые, лиственные составляют всего 3 ... 5 %. К югу покрытая лесом площадь примерно поровну распределяется между сосняками и ельниками. Доля лиственных пород увеличивается в среднем до 20 %. Наибольшую площадь (47,7 %) занимают леса III группы, являющиеся основным источником получения древесины [5].

Бореальные леса европейской части России, в том числе Карелии, испытывают всевозрастающие антропогенные нагрузки в результате интенсивного хозяйственного освоения и влияния трансграничных и локальных переносов промышленных эмиссий. Республика Карелия, как и большая часть северного региона России, относится к зоне низкого метеорологического потенциала загрязнения атмосферы [12]. Однако на территории республики выделяются районы с повышенной техногенной нагрузкой на окружающую среду. Это крупные промышленные центры, где сосредоточены основные промышленные предприятия целлюлозно-бумажного и металлургического производств (см. таблицу). Основные компоненты выбросов этих предприятий: диоксид серы (SO_2), пылевые выбросы, содержащие тяжелые металлы, а также оксид углерода (CO) и оксиды азота (NO_2). Из всех газопылевых выбросов наиболее опасен для лесной растительности диоксид серы, фитотоксичность которого возрастает в присутствии оксидов азота и фтористого водорода.

Институт леса Карельского НЦ РАН с 1987 г. ведет комплексное изучение влияния промышленных эмиссий на лесные экосистемы республики. Организованы локальные сети наблюдений за состоянием лесов на

**Выбросы загрязняющих веществ
в основных промышленных центрах Карелии в 1996 г. [4]**

Город	Состав выбросов в атмосферу, тыс.т					Всего
	Твердые вещества	SO_2	CO	NO_2	Прочие вещества	
Костомукша	6,356	47,417	0,518	1,187	0,255	55,733
Кондопога	3,700	18,663	1,810	1,579	0,353	26,105
Петрозаводск	1,989	19,361	2,638	1,601	0,259	25,848
Сегежа	7,335	7,687	4,187	0,477	1,267	20,953
Итого	19,380	93,128	9,153	4,844	2,134	128,639

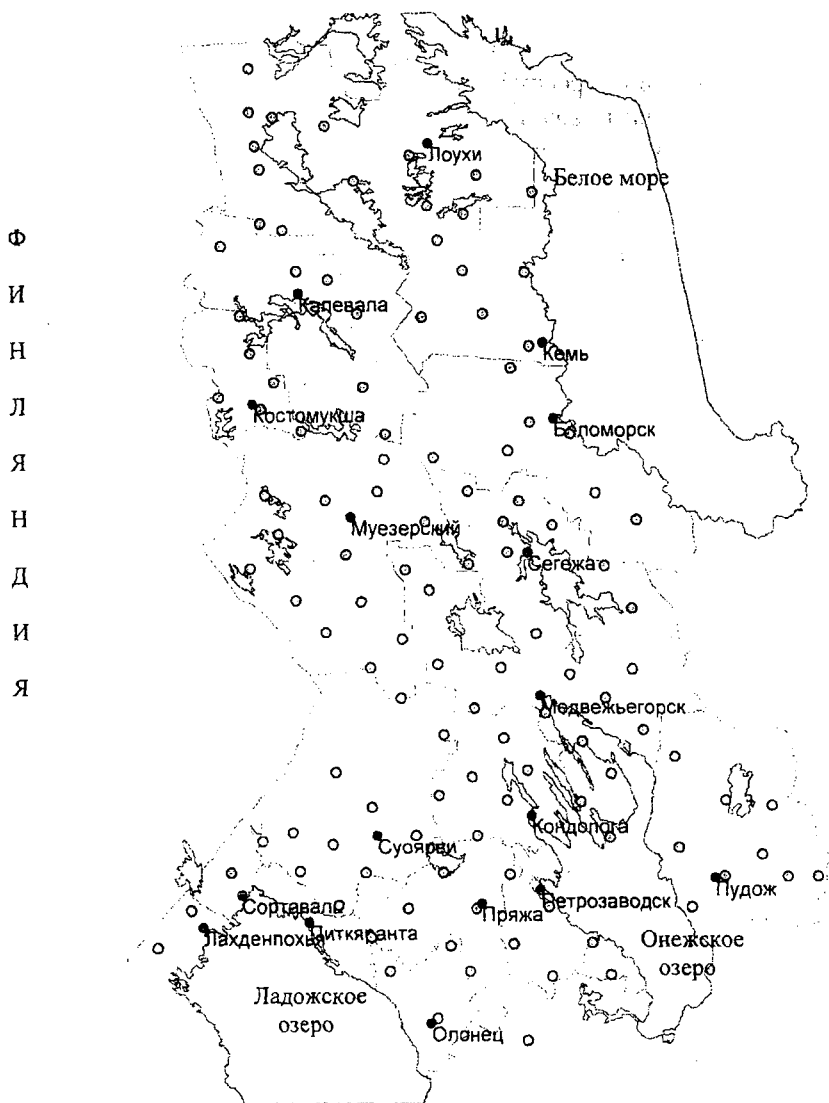


Рис. 1. Схема расположения пробных площадей биоиндикаторной сети

охраняемых природных территориях: заповедник «Костомукшский» и национальный парк «Паанаярви» (северная подзона тайги), заповедник «Кивач» и музей-заповедник «Кижы» (средняя подзона тайги), а также вокруг крупных промышленных центров (Петрозаводск, Костомукша, Кондопога). Заложена серия пробных площадей вдоль западной границы Карелии через 50 ... 70 км в местах, исключаящих локальное загрязнение (фоновый мониторинг), и по биоиндикационной сети, охватывающей всю территорию республики (плотность – одна пробная площадь на 1000 км²), с функциями фонового, локального, лесопатологического, рекреационного и лесохозяйственного мониторингов (рис. 1).

При выборе объектов предпочтение отдавали приспевающим соснякам зеленомошной группы как наиболее перспективным для долгосрочных наблюдений. Программа работ предусматривает регулярные наблюдения за комплексом биотических и антропогенных факторов, обуславливающих состояние лесных экосистем: На пробных площадях, по мере возможности, с разной интенсивностью ведутся лесоводственные, почвенные, физиолого-биохимические, фитопатологические, энтомологические и лишенологические исследования по общеевропейским [15] и согласующимся с ними отечественным методиками [8, 9, 11 и др.]. На изучаемых объектах составляли таксационную характеристику, определяли состояние деревьев по степени дефолиации и дехромации крон, повреждению энтомовредителями и фитопатогенными грибами, отбирали образцы растений и подстилки для последующего химического анализа. Степень аэротехногенного воздействия находили по содержанию тяжелых металлов и серы в растениях-индикаторах (*Pleurozium Schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Hypogymnia physodes*, *Cladonia silvatica*) и лесной подстилке. Всего заложено около 200 пробных площадей, обследовано более 5 тыс. деревьев, отобрано и проанализировано свыше 5000 образцов мхов, лишайников и лесной подстилки.

Объективные трудности не позволили выполнить в полном объеме весь комплекс запланированных исследований. Однако результаты первичных наблюдений на объектах биоиндикационной сети и повторные обследования на охраняемых территориях и объектах локального мониторинга свидетельствуют о вполне удовлетворительном фитосанитарном состоянии лесов в целом. В последние годы не зарегистрировано постоянно действующих очагов массового распространения грибных болезней и вредных насекомых на объектах мониторинга, хотя вспышки периодически наблюдаются в отдельных районах республики. Сильное повреждение сосновых древостоев рыжим сосновым пилильщиком (*Neodiprion sertifer*) имело место в 1992 г. на общей площади 120 га в некоторых районах средней и южной Карелии [3].

Состояние древостоев на охраняемых территориях в условиях фонового загрязнения атмосферы определяется главным образом деятельностью энтомовредителей и фитопатогенных грибов, что, в свою очередь, зависит от возрастной и видовой структуры древесных ценозов, степени рекреационных нагрузок и сочетания погодно-климатических условий в разные годы. Так, в заповеднике «Кивач» вследствие определенных метеоусловий ряда лет (1991–1993 гг.) наблюдалось массовое размножение рыжего соснового пилильщика. В результате его жизнедеятельности потеря хвои в некоторых древостоях достигала 25, у отдельных деревьев 60 %. В спелых лесах заповедника «Костомукшский», с наличием довольно большого числа ослабленных деревьев первого поколения, кроны сосен периодически повреждались большим сосновым лубоедом (*Tomicus piniperda*), что привело к потере хвои у отдельных деревьев до 40 %, изредка отмечались случаи повреждения крон рыжим пилильщиком. В охранной зоне музея-заповедника «Кижский», из-за мелкоконтурности выделов хвойных и преобладания в лесопокрывной

площади лиственных пород, распространение вредителей сосны ограничено, в то же время складываются благоприятные условия для размножения вредителей лиственных пород. Кроны сосны здесь практически не повреждены, кроны некоторых лиственных пород (рябина, черемуха) в отдельные годы сильно страдают от черемуховой горностаевой моли (*Argyresthia conjugella*). В национальном парке «Паанаярви» древостой сосны в незначительной мере повреждаются большим сосновым лубоедом (дефолиация менее 10 %). Еловые же древостои периодически поражаются ржавчиной хвои (возбудитель *Chrysomyxa ledi*). В текущем году вспышка этой болезни зарегистрирована в северных районах Карелии. Вспышки развития названных вредителей и болезней наблюдаются в отдельных районах республики как вблизи, так и на значительном удалении от промышленных центров. Это обстоятельство, наряду с другими факторами (возраст деревьев, условия местопроизрастания, класс развития деревьев, форма кроны и т. д. [10]), необходимо учитывать при оценке влияния промышленных выбросов на лесные экосистемы по дефолиации крон.

Из комплекса факторов, способных вызвать ухудшение состояния лесов, довольно трудно выделить непосредственное последствие загрязнения атмосферы поллютантами, тем не менее в зонах влияния крупных источников эмиссий именно этот фактор является решающим, а энтомовредители и грибные болезни лишь усиливают его отрицательное воздействие. Северные леса слабо адаптируются к условиям перманентного загрязнения и быстро деградируют. Это характерно для древостоев промышленных зон Мурманской области [2, 14]. В Карелии похожая ситуация может сложиться в районе деятельности Костомукшского железорудного горнообогатительного (АО «Карельский окатыш»), Сегежского и Кондопожского целлюлозно-бумажных комбинатов, Надвоицкого алюминиевого завода.

Изучение влияния выбросов Костомукшского ГОКа на лесные системы региона было начато в 1987 г., спустя пять лет после пуска комбината, с организацией локального экологического мониторинга. В 1992 г. в рамках международного сотрудничества с Финляндией локальная сеть была расширена за счет пробных площадей, заложенных по градиенту Костомукша–Кайнуу (приграничный район Финляндии) в юго-западном и западном направлениях. Древостои на пробных площадях представлены чистыми сосняками воронично-брусничных и воронично-черничных типов леса, IV-V классов возраста, III-IV бонитетов [6].

В результате ранее проведенных исследований [7] по степени загрязнения окружающей среды вокруг ГОКа были выделены три зоны: импактная (до 6 ... 8 км), где происходит комплексное загрязнение пылевыми выбросами и тяжелыми металлами на фоне серных выпадений; пояс воздействия преимущественно газовых и аэрозольных ингредиентов (SO_2 , NO_x) – до 40 ... 50 км; зона загрязнения преимущественно аэрозолями – далее 50 км.

Пробные площади, на которых проводились исследования, удалены от комбината на 0,5 ... 27,0 км, т. е. находятся как за, так и в пределах им-

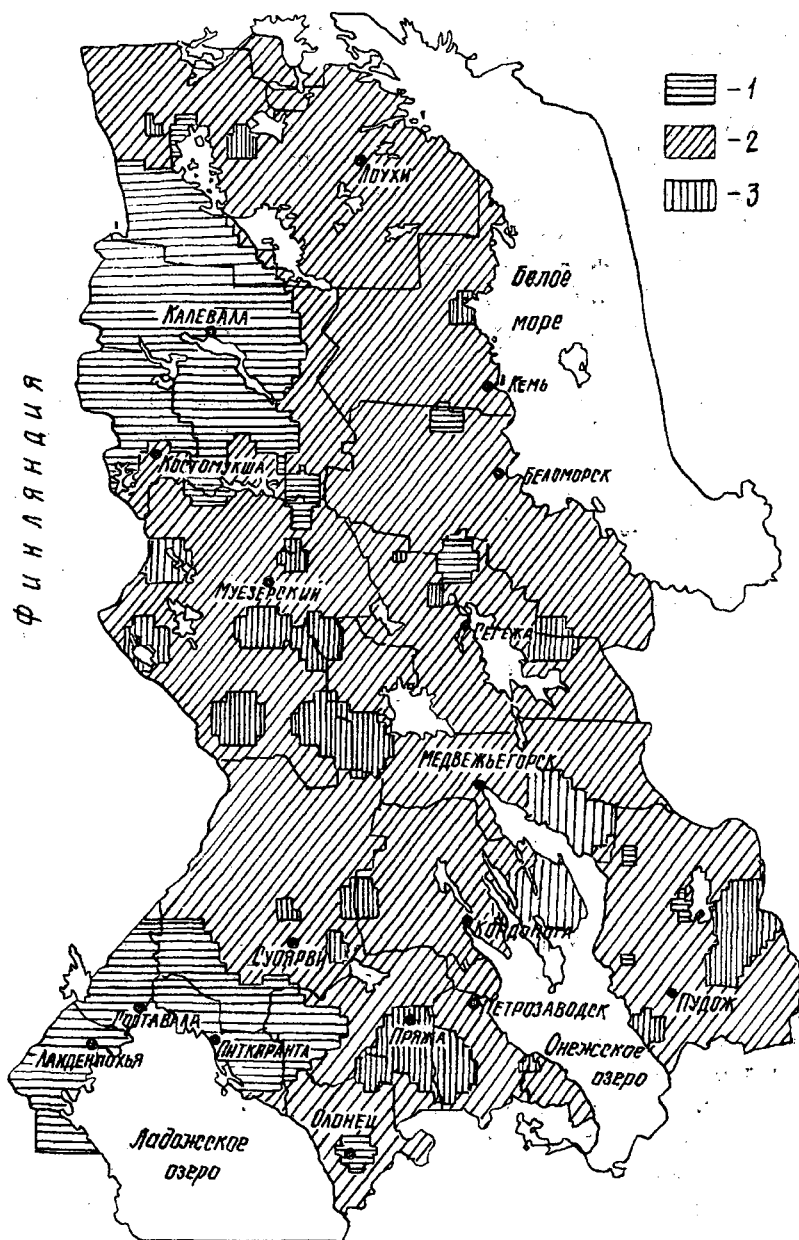


Рис. 2. Карта-схема дефолиации лесов Карелии (программа составления карт разработана П. Ю. Литинским): 1 – дефолиация древостоя 20...60 %; 2 – 10...20 %; 3 – до 10 %

пактной зоны. Тем не менее характеристики древостоев по состоянию крон в этих зонах довольно схожи. Заметная поврежденность крон отмечена не только в импактной зоне, но и на значительном удалении от нее (рис. 2). Потеря хвои в сосняках составляет 12 ... 28 % при дефолиации у отдельных деревьев до 40 %. Аналогичны показатели изменения цвета хвои. Дехро-

мация в среднем по пробным площадям составляет 2 ... 25, у отдельных деревьев до 70 %. При графической обработке данных (программа Surfer) прослеживается область высокой дефолиации с эпицентром в районе комбината, распространяющаяся по направлению преобладающих ветров. Однако аналогичные значения дефолиации характерны для древостоев всего Калевальского района, на территории которого располагается данное предприятие. Это дает повод говорить о негативном влиянии ГОКа. На данном этапе исследований не выявлены достоверные различия в степени изреживания крон деревьев и фитосанитарном состоянии фитоценозов в целом и в насаждениях, расположенных на разном удалении от источника эмиссии. Коэффициент корреляции для дефолиации составляет 0,234, для дехромации 0,410. Индексы состояния древостоев на пробных площадях в заповеднике «Костомукшский» и в зоне действия Костомукшского ГОКа близки: 1,5 ... 2,5 с учетом и 1,1 ... 1,7 без учета старого сухостоя. Согласно существующей классификации [1], древостои со значениями индексов состояния 1,0 ... 1,5 считаются здоровыми, 1,6 ... 2,5 – ослабленными.

Общий отпад, вне зависимости от возраста древостоя, колеблется в широких пределах (от 5 до 26 %). Однако основной его составляющей является старый с отваливающейся или отвалившейся корой, отработанный насекомыми сухостой, накопленный за ряд лет, так как санитарные рубки здесь не проводились. Свежий сухостой представлен единичными деревьями на отдельных пробных площадях, а текущий ежегодный отпад за последние пять лет на этих объектах составлял около 1 %.

Фитопатогенные грибы не оказывают заметного влияния на жизнедеятельность лесных экосистем этого региона. Одна из самых распространенных здесь болезней сосновых древостоев – рак-серянка (возбудители *Endocronartium pini* и *Cronartium flaccidum*). Встречаемость ее, независимо от возраста сосняков и удаленности от источника загрязнения, колеблется от 1 до 10 %, в том числе с летальным исходом у 1 ... 6 % обследованных деревьев. Последнее – результат сильного развития рака-серянки в средней части ствола. Менее представлены другие болезни: ядровая стволовая гниль (возбудитель *Phellinus pini*) – 1 ... 4, язвенный рак (*Biatorrella difformis*) – 1 ... 4 и корневая гниль от опенка (*Armillariella mellea*) – 1 ... 6 %. Первые две болезни чаще встречаются на деревьях высших классов роста по Крафту. Для корневой гнили от опенка характерна обратная тенденция: этот патоген заселяет отставшие в росте, ослабленные деревья, вызывая их гибель. Вместе с тем, как уже сообщалось выше, в сосновых древостоях региона периодически отмечалось изреживание крон деревьев насекомыми: большим сосновым лубоедом и рыжим сосновым пилильщиком.

Одним из методов первичной диагностики воздействия аэротехногенных выбросов на лесные экосистемы является определение содержания тяжелых металлов и серы в растениях-индикаторах. В этом аспекте состояние лесов пока удовлетворительное. В настоящее время явное влияние на лесные фитоценозы в пределах импактной зоны может оказывать только сера: в радиусе 5 км от комбината ее содержание (1600 мг/кг) в зеленых

мхах превышает пороговые значения для жизнедеятельности хвой (1000 мг/кг). На границах импактной зоны ее содержание снижается до 1200 мг/кг, соответствуя концентрации SO_2 в воздухе 0,5 ... 0,8 мг/м³, что также опасно для ассимиляционного аппарата хвойных пород. По мере приближения к ГОКу значительно увеличивается содержание железа во мхах – от 300 до 5700 мг/кг абс. сухой массы. В импактной зоне прослеживается повышенное, по сравнению с фоном, содержание никеля и кадмия и не превышающее фоновых значений региона – других металлов. Между содержанием тяжелых металлов в биоиндикаторах и дефолиацией крон деревьев значимой связи не обнаружено.

Сравнительный анализ хода роста сосняков по градиенту Костомукша–Кайнуу, выполненный финскими исследователями, не выявил отрицательного влияния выбросов Костомукшского ГОКа [13]. Это, видимо, объясняется сравнительно непродолжительным (с 1982 г.) периодом работы комбината. К тому же общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в последние годы сокращается, что связано с продолжающимся спадом производства, а также с вводом в эксплуатацию новых газоочистных систем.

Состояние древесных ценозов на объектах биоиндикационной сети и по градиенту в фоновых районах вполне удовлетворительное. Дефолиация крон варьирует от 0 до 43 %. Фоновая дефолиация – средний процент потери хвой – равна 15,6 %. Наиболее благополучны в этом отношении леса средней Карелии, где показатель дефолиации не превышает 15 %. Естественной нормой потери хвой в спелых и перестойных сосняках принято считать 15 ... 20 %. Наибольшая изреженность крон (до 40 %) наблюдается на юго-западе (район Приладожья) и северо-западе Карелии к северу и северо-западу от Костомукши (рис. 2). Границы территорий с повышенной дефолиацией частично совпадают с границами повышенного содержания серы в зеленых мхах исследуемых насаждений. В первом случае это вряд ли является результатом локального загрязнения атмосферы местными, с небольшим объемом производства, предприятиями: Питкярантским целлюлозным и Вяртсильским металлургическим заводами. Здесь возможно большее воздействие оказывает трансграничный перенос поллютантов из промышленных районов Ленинградской области и Финляндии. Во втором случае не исключены перенос поллютантов из Кольского промышленного региона и локальное загрязнение выбросами Костомукшского горнообогатительного комбината. Кроме того, сосновые древостои в этом районе периодически повреждаются большим сосновым лубоедом, а еловые страдают от ржавчины хвой ели.

Повышенная дехромация хвой, при естественной норме до 5 %, наблюдается на севере республики. Механизм и последствия этого явления пока до конца не выяснены. Пожелтение хвой однолетних побегов может быть вызвано повреждением последних насекомыми. Не исключено влияние экзгалатов, переносимых из Кольского региона. Области повышенной дефолиации и дехромации на севере Карелии частично совпадают.

Проведенные исследования позволяют сделать некоторые предварительные выводы.

1. Фитосанитарное состояние лесов Республики Карелия пока вполне удовлетворительное, в последние годы не зарегистрированы случаи усыхания древостоев в результате массового размножения вредных насекомых и развития грибных болезней.

2. Леса республики в настоящее время не испытывают явного негативного влияния фонового загрязнения атмосферы.

3. Прямое воздействие локальных техногенных загрязнений на древостой достоверно не выявлено.

4. Ухудшение санитарного состояния лесов связано, как правило, с увеличением в отдельные годы численности энтомовредителей (рыжий сосновый пилильщик, большой сосновый лубоед и др.) и развитием некоторых грибных болезней (ржавчина хвои ели, рак-серянка, стволовые и корневые гнили). Это может происходить вследствие ослабления древостоев локальным загрязнением или трансграничным переносом вредных веществ, проведением рубок с нарушением санитарных правил и технологий, интенсивного побочного и рекреационного лесопользования, определенного сочетания климатических, геоциклических и других факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. - 1989. - № 4. - С. 51-57. [2]. Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова / Под ред. Б.Н. Норина, В.Т. Ярмишко. - СПб., 1990. - 195 с. [3]. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 1992 году. - Петрозаводск, 1993. - 64 с. [4]. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 1996 году. - Петрозаводск, 1997. - 176 с. [5]. Козлов А. Ф. Лесные ресурсы // Проблемы рационального природопользования и развития производительных сил Республики Карелия. - Петрозаводск, 1994. - С. 10-19. [6]. Крутов В.И. и др. Экологический мониторинг лесов Карелии / В.И. Крутов, Н.Г. Федорец, В.В. Дьяконов и др. // Инженерная экология. - 1998. - № 5. - С. 19-29. [7]. Лазарева И.П. и др. Влияние антропогенного загрязнения на состояние сосновых лесов северной Карелии / И.П. Лазарева, А.А. Кучко, А.В. Кравченко и др. - Петрозаводск, 1992. - 51 с. [8]. Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов СССР. - Пушкино, 1987. - 45 с. [9]. Мониторинг состояния лесов Европейского Севера: Методич. рекомендации / Сост. В.Ф. Цветков, Е.А. Лесиньски, К.Э. Армолайтис, Т.А. Пархимович. - Архангельск, 1995. - 35 с. [10]. Озолинчюс Р., Стакенас В. Факторы, определяющие дефолиацию кроны, и возможности стандартизации дефолиации // Мониторинг леса: методология и перспектива: Сб. статей. - Каунас: Гирионис, 1997. - С. 67-70. [11]. Организация лесопатологического мониторинга в заповедниках: Методич. рекомендации / Е.Г. Мозолевская, Т.В. Галасьева, Э.С. Соколова и др. - Пушкино, 1990. - 28 с. [12]. Состояние окружающей среды северо-западного и северного регионов России. - СПб., 1995. - 370 с. [13]. Состояние сосняков в районах Карельского перешейка - юго-восточной Финляндии и Костомукши - Кайнуу / Под ред. И. Лумме, В. Архипова, Н. Федорец, Э. Мьялкенен: Бюл. НИИ леса Финляндии 665. 1997. Научный центр