

УДК 582.688:630*18:504.5

Состояние доминирующих видов растений напочвенного покрова (*Vaccinium vitis-idaea* и *Vaccinium myrtillus*) в сосняках черничных в условиях загрязнения целлюлозно-бумажного производства

Робакидзе Е. А.

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН
Сыктывкар, Россия
robakidze@ib.komisc.ru

Исследовано влияние техногенного загрязнения выбросами целлюлозно-бумажного производства на состояние доминирующих видов растений напочвенного покрова в сосняках зеленомошной группы типов. Анализ флористического состава растений напочвенного покрова сосновых фитоценозов, произрастающих на фоновой территории, показал его значительное сходство с видовым составом растений в сосновых лесах подзоны средней тайги. Выявлено, что средние значения плотности (экз./м²) особей черники в сосняках загрязненной территории составляют: в 1998 году – 47, в 2014 году – 53 и в 2018 году – 43, а на фоновой территории значения ниже – 24, 48 и 33 экз./м². Среднее значение плотности (экз./м²) особей брусники выше в сосняках, расположенных в импактной зоне (1998 год – 72, 2014 год – 102, 2018 год – 42), тогда как в фоновых сосняках значения плотности равны соответственно 49, 39 и 35. Поврежденность листьев черники в сосняках на загрязненных участках за все годы наблюдения в среднем выше по сравнению с фоном: в 1998 году – 90 % (фон – 29), 2014 год – 67 % (фон – 22), 2018 год – 58 % (фон – 48). Такая же тенденция отмечается и при изучении поврежденности листьев брусники: дехромация листьев брусники в импактной зоне во все годы наблюдения также выше по сравнению с фоном: в 1998 году – 59 % (фон – 11), 2014 год – 20 % (фон – 9), 2018 год – 42 % (фон – 33). Поврежденность листьев черники более выражена, чем брусники, что может быть связано с их разным морфолого-анатомическим строением. Дехромация листьев черники с 1998 по 2018 годы уменьшилась в среднем в 1,6 раза, брусники – в 1,4 раза в связи со снижением объема аэротехногенных выбросов.

Ключевые слова: аэротехногенное загрязнение, сосновые фитоценозы, черника, брусника, плотность, поврежденность.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема оценки влияния атмосферного загрязнения на фитоценозы и отдельные виды растений и их популяции, произрастающие в конкретных экологических условиях достаточно актуальна (Ярмишко, 1997; Reimann et al., 2001; Черненко, 2002; Цветков, Цветков, 2003; Тарханов и др., 2004; Васфилов, 2005; Лянгузова, 2008; Артемкина, 2010). Система контроля природной среды складывается из экологического мониторинга и анализа полученных данных, на основе которых принимаются решения о перспективах функционирования и практического использования экосистемы (Булгаков, 2002).

На европейском Северо-Востоке России основными загрязнителями воздуха являются предприятия целлюлозно-бумажного производства. В среднетаежной зоне Республики Коми крупнейшим источником промышленных выбросов в воздушный бассейн является ОАО Монди Сыктывкарский лесопромышленный комплекс (Монди СЛПК), выпустивший первую продукцию – целлюлозу и картон в 1969 году. В конце 1980-х годов он вышел к освоению установленных мощностей. Основными поллютантами являются оксиды углерода, азота, серы, сероводород, меркаптаны, сероорганические соединения, минеральная пыль, содержащая карбонаты и сульфиды кальция и натрия. Аэротехногенное загрязнение этими выбросами оказывает существенное влияние на лесные экосистемы (Торлопова, Робакидзе, 2003). По данным публичных экологических отчетов предприятия, суммарное количество выбросов в 1998 году было 31 тыс. т, в 2006 – 20, в 2010 – 17, в 2015 – 10, в 2020 – 7,8 тыс. т (Экологические отчеты, 2006, 2009–2010, 2013–2015). Отмечается существенное снижение

аэротехногенных выбросов, что связано с глубокой модернизацией очистных сооружений предприятия.

В условиях функционирования лесных экосистем при техногенном воздействии высокой индикационной значимостью обладает флористический состав фитоценоза (Меннинг, Федер, 1985). Растения обладают относительно высокой чувствительностью к воздействию загрязняющих веществ. Считается (Ефимова, 2003; Рассеянные..., 2004; Опекунова, 2013), что их можно использовать как индикаторы уровня и вида загрязнения, а также для мониторинга состояния отдельных компонентов и ландшафта в целом. Растение-индикатор – это такое растение, у которого признаки нарушения или повреждения появляются при воздействии на него фитотоксичной концентрации одного загрязняющего или смеси таких веществ. Растения напочвенного покрова бореальных лесов по стратегии минерального питания можно разделить на две группы: поглощающие их из атмосферы (зеленые мхи и лишайники) и преимущественно из почвы (кустарнички и травянистые растения) (Лукина, Никонов, 1998). Воздушное промышленное загрязнение изменяет химический состав атмосферных осадков, что может привести к повреждению и гибели зеленых мхов и лишайников (Андреева, 1990; Горшков, 1990). Исследования Т. В. Черненкоковой (1995а) показали, что избыток в почве соединений серы, азота и тяжелых металлов приводит к изменениям возрастной структуры, плотности, наземной фитомассы и морфометрических показателей растений травяно-кустарничкового яруса. Выявление количественных и качественных изменений растений в травяном, кустарничковом и моховом ярусах фитоценоза под влиянием аэротехногенного загрязнения представляется чрезвычайно важным для оценки состояния лесных сообществ.

Цель настоящих исследований – изучить влияние аэротехногенных выбросов целлюлозно-бумажного производства ОАО «Монди СЛПК» на состояние доминирующих видов растений напочвенного покрова (*Vaccinium vitis-idaea* и *Vaccinium myrtillus*) в сосняках черничных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изучение состояния растений напочвенного покрова сосняков, произрастающих на загрязненной аэропромышленными выбросами целлюлозно-бумажного производства «Монди СЛПК» территории было проведено с 1998 по 2018 годы.

В сосновых насаждениях черничного ряда заложены постоянные пробные площади (ППП), расположенные на разном расстоянии к северо-востоку от источника загрязнения до 50 км в направлении доминирующей составляющей региональной розы ветров. Сосняки на фоновой территории, представленные ППП 23, 24 находятся на расстоянии 48,5–49,0 км, а сосняки на ППП 3, 19, 18, 15 – на загрязненной территории расположены соответственно на расстоянии 1,3, 6,5, 11,0; и 11,2 км от источника эмиссии (табл. 1).

Первоначальный подбор объектов проведен по таксационным описаниям выделов и планам лесонасаждений. Выбор экспериментальных участков для проведения исследований предусматривал сопоставимость по основным лесоводственно-таксационным характеристикам и лесорастительным условиям насаждений, расположенных в зоне воздействия выбросов АО «Монди СЛПК» и фоновом районе. Таксационную характеристику древостоев определяли согласно методам лесной таксации (Захаров, 1967; ОСТ 56-69-83, 1983). Обработку полученных материалов проводили по (Лесотаксационный..., 1986). Тип леса определяли по В. Н. Сукачеву и С. В. Зонн (1961).

Сосняки черничные (*Pinetum myrtillosum*) и разнотравные (*Pinetum herbosum*) (генетически черничные) произрастают на иллювиально-гумусовых железистых подзолах. Они представлены фитоценозами послерубочного и послепожарного происхождения. Древесный ярус состоит из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), осины обыкновенной (*Populus tremula* L.), березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) и березы повислой (*B. Pendula* Roth), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.). В подлеске в незначительном количестве

присутствуют кусты можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.), рябины

Таблица 1

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев исследуемых сосновых лесов

Номер ППП (расстояние от Монди СЛПК, км)	Тип леса	Год наблюдений	Состав древостоя	Возраст, лет	Средние	
					Высота, м	Диаметр, см
Сосновые леса в зоне действия выбросов АО «Монди СЛПК»						
3 (1,3)	Разнотравный	1998	9С1Е+Б	55–85	25,0	24,6
		2018	8С1Е1Б	75–105	26,1	28,0
19 (6,5)	Черничный влажный	1998	10С+Е, едБ	75–100	14,6	14,0
		2018	10С+Е, едБ	95–120	17,0	20,0
18 (11,0)	Черничный свежий	1998	9С1Б	65–100	19,0	16,4
		2018	9С1Б	85–120	21,7	18,0
15 (11,2)	Черничный свежий	1998	9С1Б+Е	75–100	20,0	17,3
		2018	9С1Б+Е	95–120	23,3	22,5
Сосновые леса фонового района						
23 (48,5)	Черничный свежий	1998	9С1Б+Ос, Е	45–75	18,8	15,1
		2018	9С1Б+Ос, Е	65–95	20,9	20,0
24 (49,0)	Разнотравно- черничный	1998	9С1Б+Ос, Е	40–70	19,7	20,6
		2018	9С1Б+Ос, Е	60–90	20,4	25,1

Примечание к таблице: С – сосна обыкновенная; Е – ель сибирская; Ос – осина обыкновенная; Б – береза пушистая и повислая. ППП – постоянные пробные площади.

обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), ивы (*Salix* sp). Подрост представлен в основном елью, редко встречаются сосна, береза и пихта.

Травяно-кустарничковый ярус в рассматриваемых сосновых насаждениях с общим проективным (ОПП) покрытием 40–70 % образуют более 20 видов растений. Первый подъярус (высота до 40 см) образуют черника (*Vaccinium myrtillus* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.), костяника обыкновенная (*Rubus saxatilis* L.), золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea* L.), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.), луговик извилистый (*Avenella flexuosa* (L.) Drey), осока шаровидная (*Carex globularis* L.), кассандра (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench). Редко встречается иван-чай (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.). Второй подъярус (высота до 10 см) формируют кислица (*Oxalis acetosella* L.), седмичник европейский (*Trientalis europaea* L.), майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt), ожика волосистая (*Luzula pilosa* (L.) Willd.), линнея северная (*Linnaea borealis* L.), грушанка средняя (*Pyrola media* Sw.), марьяник лесной (*Melampyrum sylvaticum* L.), плаун булавовидный (*Lycopodium clavatum* L.), вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris* (L.) Hill), подбел узколистный (*Andromeda polifolia* L.), водяника (*Empetrum nigrum* L.), гудаера (*Goodyera repens* (L.) R. Br.). Моховой покров с проективным покрытием 60–90 % образуют *Hylocomium splendens* (Hedw.) Br., Sch. Et Cmb., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt, *Dicranum polysetum* (Mich.) Sw, *Ptilium crista-castrensis*, пятнами *Polytrichum commune* (Hedw.) и *Sphagnum* sp.

Обилие растений и дехромацию листьев черники и брусники оценивали путем подсчета на 30 учетных площадках (50×50) см общего количества отдельных стеблей кустарничков (кусты у черники) и количества стеблей с поврежденными листьями. Дехромацию рассчитывали по формуле (Меннинг, Федер, 1985):

$$D = (\sum n_{i \text{ повр}} / n_i) 100 / N,$$

где: D – дехромация; N – количество учетных площадок; $n_{i \text{ повр.}}$ – число побегов с поврежденными листьями на i-й площадке; n_i – общее число побегов на на i-й площадке.

Названия растений приведены по (Черепанов, 1995).

Обработку результатов проводили на ПЭВМ с использованием пакета программ MS Excel 2010. Полученные данные, если не обозначено специально, анализировались со степенью надежности 90 % ($P < 0,1$). Такая степень надежности допустима для биологических объектов, особенно таких сложных и многокомпонентных, как лесные фитоценозы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика виталитетной структуры сосновых древостоев с 1998 по 2018 годы показывает увеличение доли участия в составе древостоя здоровых с одновременным сокращением участия слабо- и сильноповрежденных деревьев сосны. Сравнительный анализ индексов поврежденности древостоев в 1998, 2004, 2009, 2014 и 2018 годах показывает улучшение состояния сосняков, растущих в зоне воздействия выбросов целлюлозно-бумажного производства (табл. 2). Обобщенная динамика индекса поврежденности показывает, что в сосновых фитоценозах на загрязненной аэротехногенными выбросами жизненное состояние деревьев с 1998 по 2018 годы улучшилось, а в древостоях фоновой территории состояние деревьев осталось почти на одном уровне.

Таблица 2

Динамика индексов поврежденности сосновых древостоев в фоновом районе и в условиях загрязнения Монди СЛПК

Год наблюдений	№ ППП и расстояние от АО «Монди СЛПК», км					
	ППП 3 (1,3 км)	ППП 19 (6,5 км)	ППП 18 (11,0 км)	ППП 15 (11,2 км)	ППП 23 (48,5 км)	ППП 24 (49,0 км)
1998	1,2	0,72	0,83	0,89	0,42	0,41
2004	0,79	0,29	0,33	0,77	0,38	0,43
2009	0,69	0,10	0,32	0,33	0,37	0,30
2014	0,64	0,11	0,39	0,39	0,49	0,27
2018	0,57	0,27	0,41	0,37	0,45	0,32

Примечание к таблице: ППП – постоянные пробные площади.

Анализ флористического состава растений напочвенного покрова сосновых фитоценозов, произрастающих на фоновой территории, проведенный В.А. Мартыненко (1990), показал его значительное сходство с видовым составом растений в сосновых лесах подзоны средней тайги. Незначительное уменьшение числа видов на загрязненных участках (*Goodyera repens*, *Linnea borealis*, *Luzula pilosa*, *Majanthemum bifolium*, *Pyrola minor*) не связано, по нашему мнению, с воздействием выбросов СЛПК. Наличие этих растений «свиты» ели в сосняках фоновой территории можно объяснить их внедрением из окружающих еловых массивов, тогда как вокруг сосняков, произрастающих на загрязненной территории, ельники встречаются реже. Особое внимание обращает на себя флористический состав ППП 3, расположенной в 1,3 км от источника эмиссии, исходный тип которого «сосняк черничный» вследствие наиболее интенсивного техногенного воздействия трансформировался в «сосняк разнотравный» при полном отсутствии здесь *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea* и типичных для сосняков зеленых мхов и появлением крапивы двудомной (*Urtica dioica*). Подобную тенденцию увеличения по градиенту загрязнения относительного участия в составе соснового фитоценоза сосудистых растений отметила в своих исследованиях Т. В. Черненко (1995а), луговых и сорных – М. Р. Трубина (1996).

Важной характеристикой нарушенности фитоценоза является изменение ценотической значимости видов: изменение доли участия в формировании проективного покрытия, числа

побегов и так далее. (Илькун, 1978). Анализ ОПП травяно-кустарничкового яруса сосняков в зоне воздействия выбросов СЛПК не выявил достоверных изменений данного показателя на загрязненных участках. Одинаковая степень покрытия травяно-кустарничкового яруса в условиях загрязнения связана, по нашему мнению, с заполнением освобождающихся экологических ниш при уменьшении проективного покрытия менее устойчивых к загрязнению видов растениями более устойчивых видов. Это явление хорошо заметно при обследовании плотности размещения побегов доминирующих видов (*Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium vitis-idaea*) в близких по лесорастительным условиям сосняках фоновой и загрязненной территорий.

Черника и брусника являются индикаторами фитоценоза и основными ресурсными видами в напочвенном покрове сосновых лесов Республики Коми (Таскаев и другие, 2000). При обследовании распространения побегов (кустов) доминирующих видов – брусники и черники было выявлено, что плотность размещения их имеет различные тенденции. В ближайшем к СЛПК сосняке разнотравном (ППП 3) черники и брусники не обнаружено. Согласно данным рис. 1 средние значения плотности (экз./м²) побегов черники в остальных сосняках загрязненной территории составляют: в 1998 году – 47±16, в 2014 году – 53±12 и в 2018 году – 43±4, а на фоновой территории соответственно – 24±8, 48±8 и 33±4 экз./м², то есть достоверно меньше, за исключением данных 2014 года. За период исследований в сосняках импактной зоны на ППП 19 и 18 отмечено увеличение плотности размещения черники к 2014 году в 1,2 ÷ 2,3 раза, за исключением менее благоприятного по условиям почвенного увлажнения сосняка (ППП 15), где плотность черники снизилась. К 2018 году отмечено снижение плотности особей черники. В фоновом районе в сосняках плотность черники также к 2014 году в среднем возросла на всех участках, к 2018 году отмечено снижение плотности особей черники в сосняках черничном свежем и чернично-разнотравном.

Средние значения плотности (экз./м²) побегов брусники также выше в сосняках, расположенных в импактной зоне (1998 год – 72±13, 2014 год – 102±16, 2018 год – 42±5), тогда как в фоновых сосняках значения плотности равны соответственно 49±2, 39±5 и 35±19. Для 2018 года разница недостоверна. За период исследований с 1998 по 2018 годы в сосняке черничном свежем в фоновом районе плотность побегов брусники заметно не изменилась, однако значительно уменьшилась (в 3 раза) в чернично-разнотравном. В данном сосняке отмечено увеличение травянистых растений. В загрязненном районе плотность данного кустарничка с начала изучения к 2014 году увеличилась в 2 раза в сосняке влажном и в 1,2 раза – в сосняках свежих. К 2018 году среднее значение плотности особей брусники снизилась в три раза.

Изучение жизненного состояния ассимиляционного аппарата растений-доминантов травяно-кустарничкового яруса показало поврежденность листьев черники и брусники в зоне воздействия выбросов целлюлозно-бумажного производства (рис. 2). Как у черники, так и у брусники наблюдаются пожелтение и побурение листьев с точечными ожогами, вплоть до разрушения тканей. Это происходит вследствие структурно-функциональных изменений и нарушения в них обменных процессов под воздействием токсикантов (Жиров и другие, 2007). Поврежденность листьев черники в сосняках на загрязненных пробных площадях за все годы наблюдения в среднем выше по сравнению с фоном: в 1998 году – (90±4) % (фон – (29±2) %), 2014 год – (67±12) % (фон – (22±2) %), 2018 год – (58±5) % (фон – (48±4) %) Различия в 2018 году недостоверны.

Такая же тенденция отмечается и при изучении поврежденности листьев брусники: дехромация листьев брусники в импактной зоне во все годы наблюдения в среднем также выше по сравнению с фоном: в 1998 году – (59±4) % (фон – (11±1) %), 2014 год – (20±2) % (фон – (9±3) %), 2018 год – (42±16) % (фон – (33±5) %). Поврежденность листьев черники более выражена, чем брусники, что может быть связано с их разным морфолого-анатомическим строением (Рязанова и другие, 2015). Надо отметить, что дехромация листьев черники с 1998 по 2018 годы уменьшилась в среднем в 1,6 раза, брусники – в 1,4 раза.

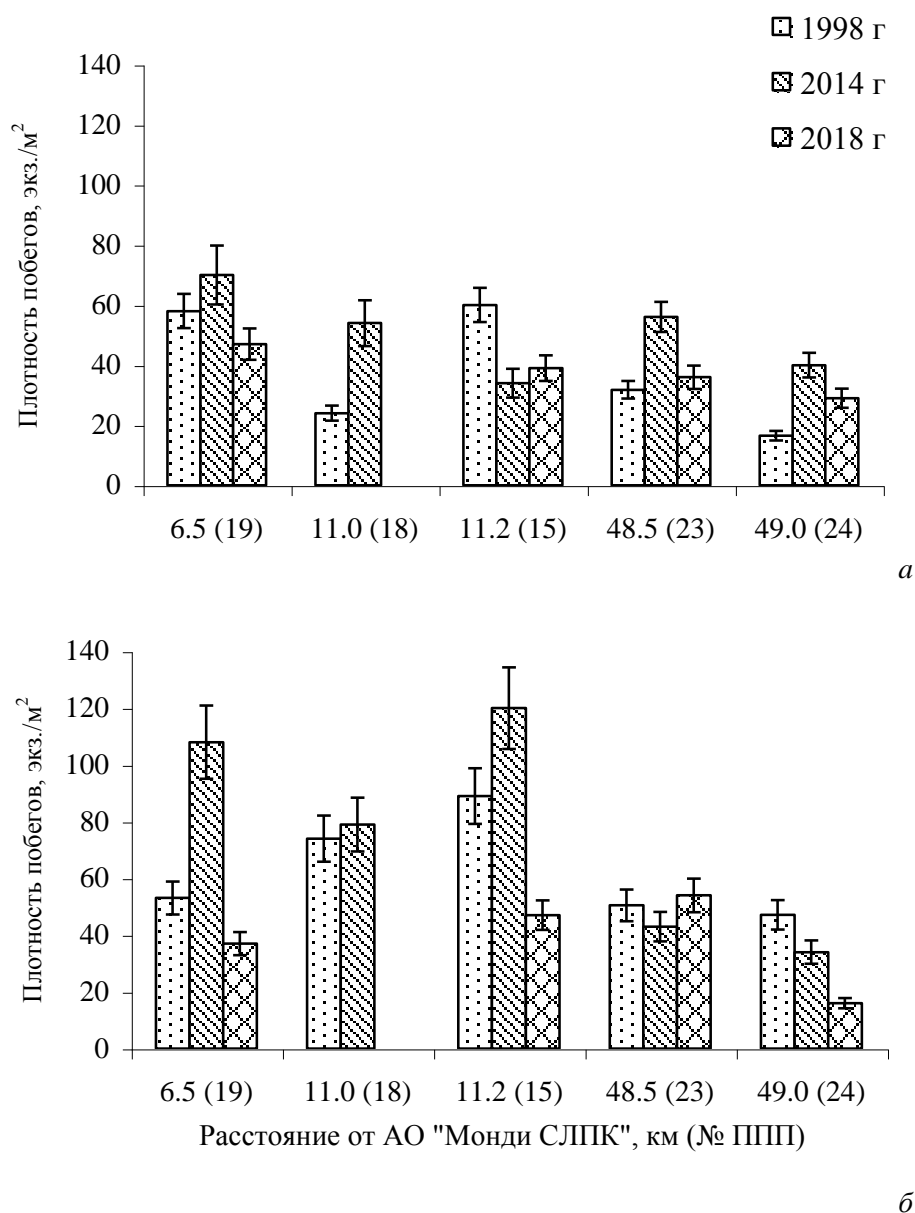


Рис. 1. Плотность размещения кустов черники (а) и побегов брусники (б) в сосновых фитоценозах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ флористического состава растений напочвенного покрова сосновых фитоценозов, произрастающих на фоновой территории, показал его значительное сходство с видовым составом растений в сосновых лесах подзоны средней тайги. Выявлено, что средние значения плотности побегов черники в сосняках загрязненной территории выше, чем на фоновой территории. Среднее значение плотности побегов брусники также выше в сосняках, расположенных в импактной зоне. Поврежденность листьев черники и брусники в сосняках зоны воздействия выбросов за все годы наблюдения в среднем выше по сравнению с фоном.

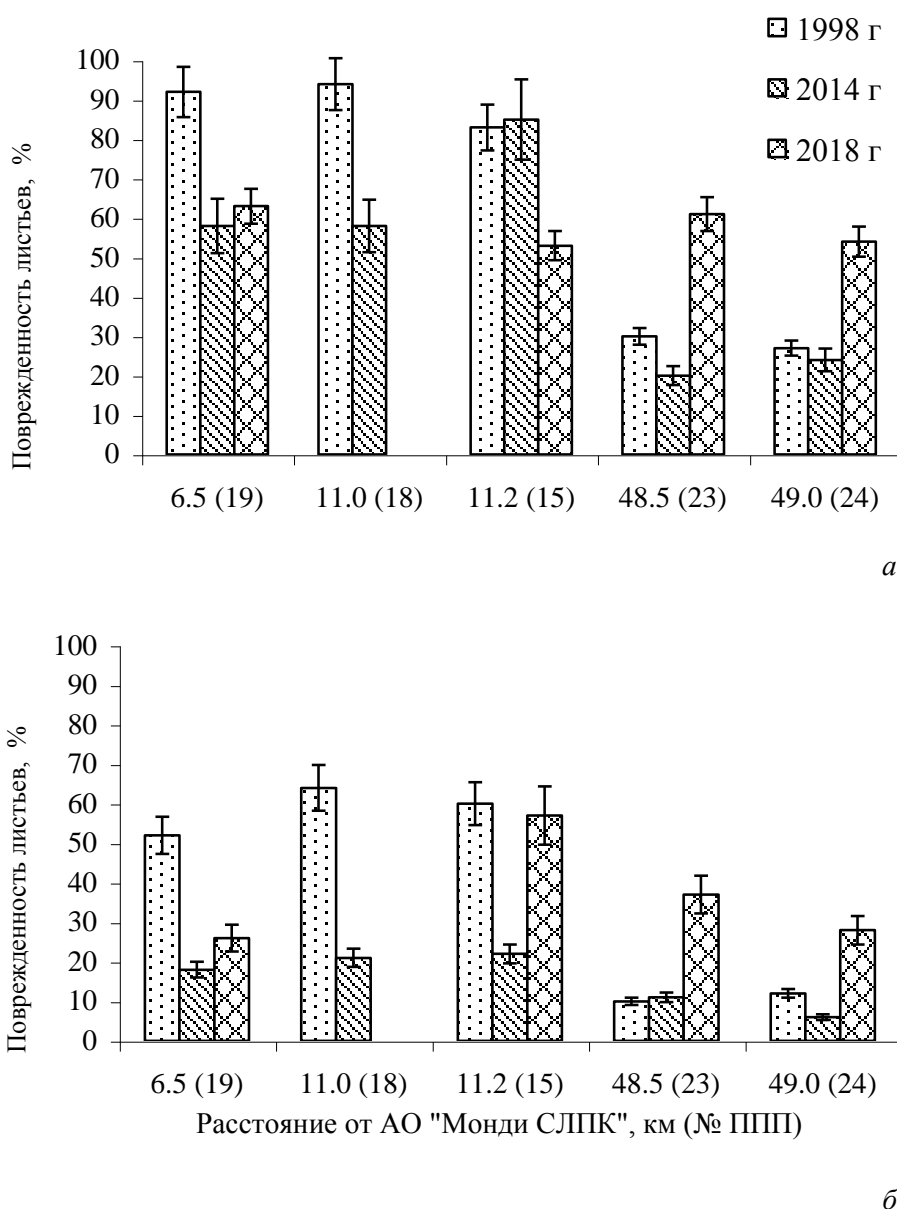


Рис. 2. Дехромация листьев черники (а) и брусники (б) в сосновых фитоценозах

Поврежденность листьев черники более выражена, чем брусники. Дехромация листьев черники с 1998 по 2018 годы уменьшилась в среднем в 1,6 раза, брусники – в 1,4 раза в связи со снижением объема аэротехногенных выбросов.

Благодарности. Выражаю благодарность Н. В. Торлоповой, принимавшей активное участие в сборе и анализе экспериментального материала в разные периоды исследования.

Работа выполнена в рамках темы НИР «Зональные закономерности динамики структуры и продуктивности первичных и антропогенно измененных фитоценозов лесных и болотных экосистем европейского Северо-Востока России» (122040100031-8).

Список литературы

- Андреева Е. Н. Динамика видового состава мхов // Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова. – Л.: Ботанический институт, 1990. – С. 133–141.
- Артемкина Н. А. Содержание фенольных соединений и элементный состав в *Vaccinium vitis-idaea* в еловых лесах Кольского полуострова в условиях техногенного загрязнения // Растительные ресурсы. – 2010. – Т. 46, вып. 2. – С. 86–98.
- Булгаков Н. Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды: обзор существующих подходов // Успехи современной биологии. – 2002. – Т. 122, № 2. – С. 115–135.
- Васфилов С. П. Влияние загрязнения воздуха на сосну обыкновенную. – Екатеринбург, 2005. – 212 с.
- Горшков В. В. Напочвенный лишайниковый покров // Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова. – Л.: Ботанический институт, 1990. – С. 141–144.
- Ефимова М. А. Особенности побегообразования *Vaccinium myrtillus* L. В условиях атмосферного загрязнения (Кольский полуостров) // Растительные ресурсы. – 2003. – Т. 39, вып. 3. – С. 82–88.
- Жиров В. К., Голубева Е. И., Говорова А. Ф. и др. Структурно-функциональные изменения растительности в условиях техногенного загрязнения на Крайнем Севере. – М.: Наука, 2007. – 166 с.
- Захаров В. К. Лесная таксация. – М., 1967. – 406 с.
- Илькун Г. М. Загрязнение атмосферы и растения. – Киев, 1978. – 249 с.
- Лесотаксационный справочник для Северо-Востока европейской части СССР. – Архангельск, 1986. – 358 с.
- Лукина Н. В., Никонов В. В. Питательный режим лесов северной тайги: природные и техногенные аспекты. – Апатиты, 1998. – 316 с.
- Лянгузова И. В. Динамика содержания никеля и меди в растениях сосновых лесов Кольского полуострова в условиях аэротехногенного загрязнения // Растительные ресурсы. – 2008. – Т. 44, вып. 4. – С. 91–98.
- Мартыненко В. А. Флористический состав хвойных лесов Коми АССР. Сыктывкар // Научные доклады. Коми научный центр УрО АН СССР. – Вып. 249. – 1990. – 20 с.
- Меннинг У. Д., Федер У. А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. – Л., 1985. – 143 с.
- Рассеянные элементы в бореальных лесах / [Ред. А.С.Исаев]. – М.: Наука, 2004. – 616 с.
- Опекунова М. Г. Диагностика техногенной трансформации ландшафтов на основе биоиндикации: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. 25.00.23 Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов. – Санкт-Петербургский государственный университет. – СПб, 2013. – 36 с.
- ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки. – М., 1983. – 60 с.
- Рязанова Т. К., Куркин В. А., Рыжов В. М., Тарасенко Л. В. Сравнительное морфолого-анатомическое исследование надземных органов черники обыкновенной, брусники обыкновенной и толокнянки обыкновенной // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17, № 5 (3). – С. 964–971.
- Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 144 с.
- Тарханов С. Н., Прожерина Н. А., Коновалов В. Н. Лесные экосистемы бассейна Северной Двины в условиях атмосферного загрязнения: диагностика состояния. – Екатеринбург, 2004. – 333 с.
- Таскаев А. И., Котелина Н. С., Алексеева Р. Н., Потапов А. А., Мартыненко В. А. Побочные лесные пользования // Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми / [Ред. Г. М. Козубов, А. И. Таскаев]. – М.: Дизайн. Информация. Картография, 2000. – С. 369–419.
- Торлопова Н. В., Робакидзе Е. А. Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы (на примере Сыктывкарского лесопромышленного комплекса). – Екатеринбург, 2003. – 147 с.
- Трубина М. Р. Анализ состояния травянистой растительности в условиях хронического загрязнения кислыми газами: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 03.00.16 Экология. – Институт леса. – Екатеринбург, 1996. – 24 с.
- Цветков В. Ф., Цветков И. В. Лес в условиях аэротехногенного загрязнения. – Архангельск, 2003. – 354 с.
- Черненко Т. В. Состояние лесных фитоценозов в окрестностях комбината «Североникель» // Воздействие металлургических производств на лесные экосистемы Кольского полуострова. – СПб, 1995а. – С. 53–85.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб, 1995. – 990 с.
- Черненко Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. – М.: Наука, 2002. – 189 с.
- Экологические отчеты 2006, 2009–2010, 2013–2015. Mondi Сыктывкарский ЛПК / URL <http://www.mondigroup.com>
- Ярмишко В. Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на европейском Севере. – СПб, 1997. – 210 с.
- Reimann C., Koller F., Kashulina G., Niskavaara H., Englmaier P. Influence of extreme pollution on the inorganic chemical composition of some plants // Environmental Pollution. – 2001. Vol. 115. – P. 239–252.

Robakidze E.A. The status of the dominant plant species in the soil ground cover (*Vaccinium vitis-idaea* and *Vaccinium myrtillus*) in bilberry pine forests affected by pulp and paper production pollution // Ekosistemy. 2023. Iss. 35. P. 41–49.

The paper discusses the effect of technogenic pollution caused by the emissions of pulp and paper production on the dominant plant species in the soil ground cover in green moss pine forests. The analysis of the floristic composition in the ground cover of pine phytocenoses growing in the background territory showed significant similarity with the plant species composition in pine forests of the middle taiga subzone. The average density values (inds. / m²) of bilberry individuals in pine forests in the polluted territory were 47 in 1998, 53 in 2014 and 43 in 2018 (24, 48 and 33 inds. / m² in the background area, relatively). The average density values (inds. / m²) of cowberry individuals were higher in pine forests located in the impact zone (72 in 1998, 102 in 2014, and 42 in 2018) than those in the background pine forests (49, 39 and 35 % respectively). During all years of monitoring the damage of bilberry leaves in polluted pine forests was higher compared with in the background territory: 90 % in 1998, 67 % in 2014, 58 % in 2018 vs 29 %, 22 % and 48 %, respectively. A similar trend was recorded for the damage of cowberry leaves: the leaves dechromation in the impact zone was also higher than that in the background during all the research period: 59 % in 1998, 20 % in 2014, and 42 % in 2018 (11 %, 9 % and 33 % for background zones, respectively). More significant damage of bilberry leaves may result from their different morphological and anatomical structure. From 1998 to 2018, bilberry leaves dechromation degree decreased by about 1,6 times and that of cowberry – by 1,4 times due to the reduction of aerotechnogenic emissions.

Key words: aerotechnogenous pollution, pine phytocenoses, bilberry, cowberry, density, damage.

Поступила в редакцию 23.03.23

Принята к печати 23.04.23