

**Состав и состояние растений напочвенного покрова  
ельников черничных в зоне техногенного действия  
целлюлозно-бумажного производства**

© 2015. Е. А. Робакидзе, к.б.н., н.с., Н. В. Торлопова, к.б.н., с.н.с.,  
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,  
e-mail: robakidze@ib.komisc.ru

Исследовано влияние техногенного загрязнения выбросами целлюлозно-бумажного производства на растения напочвенного покрова в еловых насаждениях. Анализ видового состава растений напочвенного покрова ельников черничных показал его значительное сходство с видовым составом растений в других еловых насаждениях черничного типа, произрастающих в подзоне средней тайги. Количество видов растений в исследуемых еловых фитоценозах зоны техногенного действия «Монди СЛПК» варьирует от 15 до 24, что в 1,4-2,2 раза меньше, чем в фоновом районе. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса ельников в зоне воздействия выбросов отлично от фоновое: на ближайшем к источнику выбросов участке в 2 раза ниже, чем на фоновом, на двух следующих – выше в 1,3 раза. На пробных площадях (ПП) экспериментальных ельников зоны загрязнения количество видов травянистых растений в 1,8-3,0 раза, а мхов в 1,1-2,0 раза меньше, чем на ПП фоновое района. Показано, что в загрязненных ельниках черничных плотность ценопопуляции черники в среднем в 3,7 раза, а брусники – в 5,7 раза больше, чем на фоновых участках. Поврежденность рассматриваемых видов кустарничков увеличивается в два раза по сравнению с фоновым районом и составляет для черники 24–34, брусники – 8–15 %.

Technogenic pollution of soil cover plants with pulp-and-paper industry emissions in spruce forests has been studied. Analysis of the plant composition in ground cover of blueberry spruce forest showed a significant similarity with the plant species composition in other spruce blueberry forests growing in the middle taiga subzone. Number of plant species in the impact zone of the 'Mondi SLPK' plant and paper mill varies from 15 to 24 which is less than that in the background plot by 1,4-2,2 times. Total projective cover of grasses and dwarf shrubs in spruce forests from the impact zone is not the same as in the background. It is twice as less at the plot being at the shortest distance from the emission source and exceeds the background value by 1,3 at the other two study plots. At the study sample plots (SPs) number of grassy plant species is by 1,8-3,0 and of mosses by 1,1-2,0 as less than at the background plot. Density of bilberry plants in polluted bilberry spruce forests is normally by 3,7 and that of cowberries – by 5,7 times as higher than they are at the background. The disturbance rate of the above dwarf shrubs increases twofold compared to the background and makes 24-34 for bilberry and 8-15% for cowberry.

Ключевые слова: аэротехногенное загрязнение, еловые фитоценозы, видовое разнообразие, черника, брусника.

Keywords: aerotechnogenous pollution, spruce phytocenoses, diversification in species, bilberry, cowberry.

На европейском Северо-Востоке России основными загрязнителями воздуха являются предприятия целлюлозно-бумажного производства. В среднетаёжной зоне Республики Коми крупнейшим источником промышленных выбросов в воздушный бассейн является ОАО «Монди Сыктывкарский лесопромышленный комплекс» («Монди СЛПК»), поллютантами которого являются оксиды углерода, серы, азота, сероводород, сероорганические соединения, минеральная пыль. В 2005 и 2006 гг. суммарное количество выбросов этих веществ от целлюлозно-бумажного производства ОАО «Монди СЛПК» составило 26–28 тыс. тонн. Среднегодовые концентрации по основным загрязняющим веществам были ниже ПДК [1]. Вместе с тем в условиях длительного

полевого эксперимента установлено, что уровень концентраций серы, азота, хлора, кальция, калия и натрия в атмосферных выпадениях (снеговой покров) на порядок выше, чем в фоновом районе. Нами ранее также показано, что в зоне воздушного загрязнения ОАО «Монди СЛПК» происходят существенные изменения в экологической структуре древостоя [2].

В условиях функционирования лесных экосистем при техногенном воздействии высокой индикаторной значимостью обладает флористический состав фитоценоза [3]. 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 преимущественно из атмосферы (зелёные мхи и лишайники) и из почвы (кустарнички и травянистые растения). Воздушное промышленное загрязнение изменяет химический состав атмосферных осадков, что может привести к повреждению и гибели зелёных мхов и лишайников [4, 5]. Исследования [6] показали, что избыток в почве соединений серы, азота и тяжёлых металлов приводит к изменениям возрастной структуры, плотности 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.

В задачу данной работы входило изучение влияния техногенных выбросов целлюлозно-бумажного производства ОАО «Монди СЛПК» на состав и состояние растений напочвенного покрова в еловых насаждениях.

### Материал и методика

Исследования проводили на постоянных пробных площадях (ППП) 33, 35, 36, 37, заложенных в ельниках черничных на разном удалении от источника загрязнения по направлению доминирующей составляющей розы ветров (рис. 1). В качестве фонового было выбрано еловое насаждение ППП 38, расположенное в 50 километрах от источника загрязнения на территории Ляльского лесозащитного участка Института биологии Коми НЦ УрО РАН (табл. 1).

Первоначальный подбор объектов проведён по таксационным описаниям выделов

и планам лесонасаждений. Выбор экспериментальных участков для проведения исследований предусматривал их сопоставимость по основным лесорастительным свойствам почв и таксационным характеристикам насаждений, расположенных в зоне воздействия выбросов и фоновом районе. Подробная лесоводственно-таксационная характеристика древостоев нами проведена ранее [2].

Геоботаническое описание травяно-кустарничкового и мохового ярусов проводили по руководству [7]. Тип леса определяли по [8]. Визуальную оценку обилия сосудистых растений, мохообразных проводили по шкале Друде в её цифровом обозначении по [9]. Оценка флористического сходства фонового насаждения и сообществ зоны действия выбросов ОАО «Монди СЛПК» проведена с использованием коэффициента Жаккара ( $J$ ) [10], который позволяет сравнивать между собой растительный покров участков по наличию одних и тех же видов без учёта их покрытий:

$$J = N_{AUB} / (N_A + N_B - N_{AUB}),$$

где  $N_{AUB}$  – число видов, общее для сравниваемых описаний (площадок) А и В,  $N_A$ ,  $N_B$  – число видов соответственно в описаниях А и В.

Обилие растений и дехромацию листьев растений кустарничкового яруса на экспериментальных участках учитывали на площадках размером 50×50 см в 30 повторностях [3]. Названия растений приведены по [11]. Обработку результатов проводили на ПЭВМ с использованием пакета программ MS Excel 2000. Полученные данные, если не обозначено специально, анализировались со степенью надёжности 90% ( $P < 0,1$ ). Такая степень надёжности допустима для биологических объектов, особенно таких сложных и многокомпонентных, как лесные фитоценозы.

Таблица 1

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев ельников черничных

Номер ППП (расстояние от МБП СЛПК, км)	Состав древостоя	Возраст, лет*	Среднее значение		Число деревьев, шт./га	Запас древесины, м <sup>3</sup> /га
			высота, м*	диаметр, см*		
Зона действия выбросов ОАО «Монди СЛПК»						
37 (3.5)	6ЕЗБ1С	90-180	14,0	14,0	2050	291
33 (4.3)	10Е+Б	100-230	15,2	16,3	1555	304
35 (5.3)	7Е2Б1С	80-150	14,5	16,0	1355	275
36 (10.0)	6Е2С1Б1Ос	70-120	16,0	16,5	1722	365
Фоновый район						
38 (50.0)	7ЕЗБ+С,Пх	90-170	18.4	22.6	966	337

Примечание: \* – возраст, высота и диаметр приведены по ели

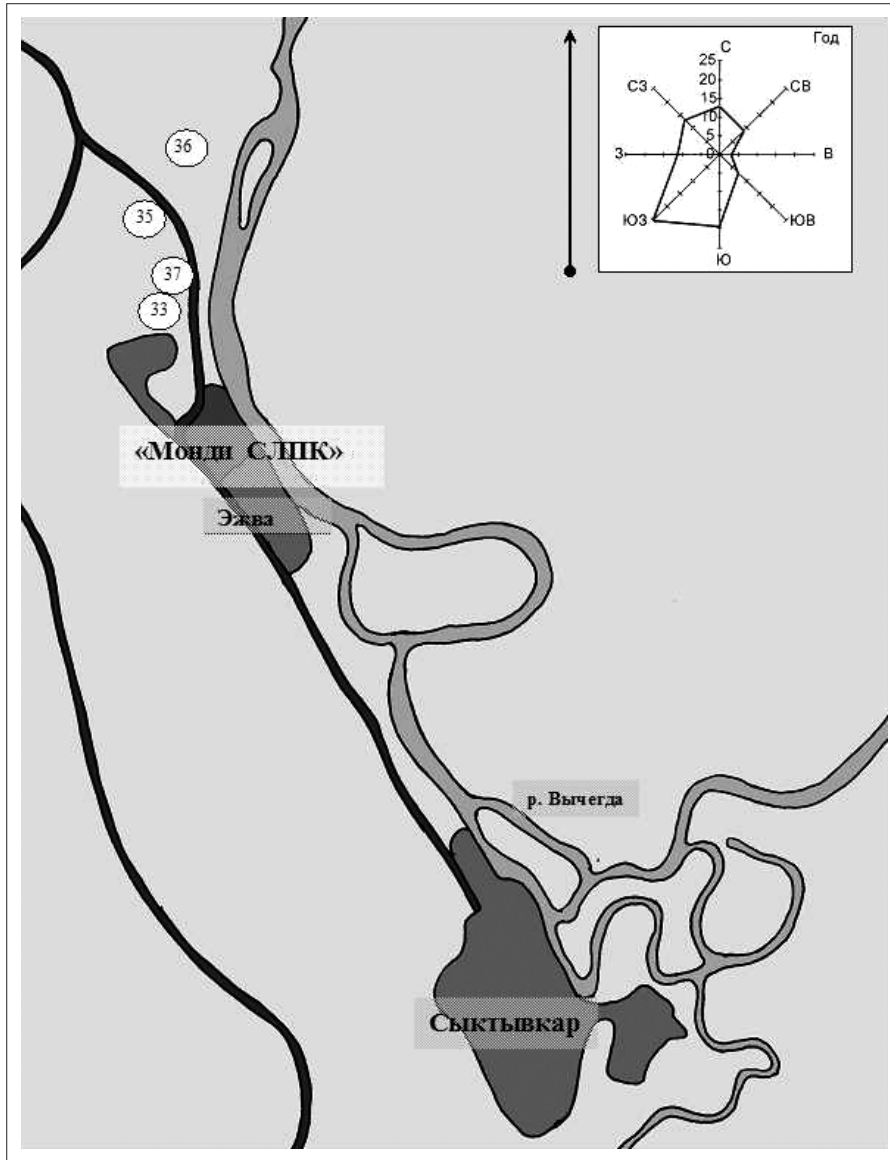


Рис. 1. Расположение постоянных пробных площадей на территории, загрязнённой промышленными выбросами ОАО «Монди СЛПК»; «Роза ветров» представлена из «Атласа..., 1997»; 33 – номер пробной площади.

### Результаты и их обсуждение

Ельники черничные (*Piceetum myrtillosum*) произрастают на типичных подзолистых почвах. Древостой средней продуктивности, спелые, разновысотные, но ярусность не выражена. Ель представлена несколькими возрастными генерациями. Древесный ярус образует в основном ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.). В его составе часто присутствуют сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), берёза повислая (*Betula pendula* Roth.), берёза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), реже – осина дрожащая (*Populus tremula* L.) и пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.). Ранее выявлено, что по совокупности показателей жизненного состояния отдельных деревьев, древостоя, подроста,

еловые фитоценозы, произрастающие в районе аэротехногенного загрязнения СЛПК, характеризуются как слабо- и среднеповреждённые, в фоновом – как здоровые [2]. Подлесок редкий, состоит из можжевельника (*Juniperus communis* L.), ив (*Salix* sp.), рябины (*Sorbus aucuparia* L.), шиповника иглистого (*Rosa acicularis* Lindl.) и жимолости Палласа (*Lonicera pallasi* Ledeb.). Неравномерно расположенный по площади подрост представлен в основном здоровой разновозрастной елью (2,0-4,3 тыс. экз. на гектар).

Анализ состава растений напочвенного покрова ельников черничных (табл. 2), показал его значительное сходство с видовым составом растений в еловых насаждениях черничного типа, произрастающих в подзоне средней тайги [12, 13]. Общее проективное покрытие (ОПП) в травяно-

## МОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

кустарничковом ярусе составляет 40-60%. 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.), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott.), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*

L.), луговик извилистый (*Avenella flexuosa* (L.) Dreu), осока шаровидная (*Carex globularis* L.), ястребинка лесная (*Hieracium altipes* L.), герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.). Редко встречается крапива двудомная (*Urtica dioica* L.). Второй подъярус (высота до 10 см) формируют кислица (*Oxalis acetosella* L.), седмичник (*Trientalis europaea* L.), майник двулистный (*Maianthemum*

Таблица 2

Видовой состав и обилие растений напочвенного покрова ельников черничных

Ярус, вид	Номер ППП									
	37		33		35		36		38	
	обилие, баллы	встречаемость, %	обилие, баллы	встречаемость, %	обилие, баллы	встречаемость, %	обилие, баллы	встречаемость, %	обилие, баллы	встречаемость, %
<b>Кустарнички:</b>										
<i>Linnaea borealis</i>	-	-	3	82	-	-	1	35	4	83
<i>Vaccinium myrtillus</i>	4	85	4	87	5	100	5	100	3	65
<i>V. vitis-idaea</i>	1	17	3	72	5	100	5	100	3	78
<i>V. uliginosum</i>	-	-	+*	+	+	+	-	-	-	-
<b>Травы:</b>										
<i>Avenella flexuosa</i>	-	-	-	-	+	+	1	7	2	23
<i>Carex globularis</i>	1	8	2	55	2	37	-	-	-	-
<i>Dryopteris filix-mas</i>	+	-	1	10	-	-	-	-	1	33
<i>Equisetum sylvaticum</i>	+	5	3	82	1	17	+	5	1	8
<i>Geranium sylvaticum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	10
<i>Goodyera repens</i>	-	-	-	-	+	3	-	-	-	-
<i>Hieracium altipes</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lathyrus sylvestris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	8
<i>Luzula pilosa</i>	-	-	-	-	1	10	1	27	2	50
<i>Maianthemum bifolium</i>	+	-	2	47	-	-	4	87	4	95
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	-	-	+	+	1	7	1	27	2	53
<i>Oxalis acetosella</i>	-	-	2	50	-	-	-	-	3	58
<i>Pyrola media</i>	-	-	1	15	-	-	-	-	1	3
<i>Rubus saxatilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	10
<i>Solidago virgaurea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	30
<i>Trientalis europaea</i>	-	-	1	37	-	-	1	30	2	38
<i>Veronica chamaedrys</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	8
<i>Urtica dioica</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Мхи:</b>										
<i>Dicranum polysetum</i>	+	-	-	-	1	33	1	17	1	20
<i>Dicranum sp.</i>	-	-	1	17	-	-	-	-	-	-
<i>Hylocomium splendens</i>	1	30	2	55	4	93	1	33	3	88
<i>Pleurosium Schreberi</i>	+	-	3	80	5	97	3	77	2	23
<i>Polytrichum commune</i>	-	-	1	17	1	37	2	53	2	35
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	-	-	-	-	1	27	-	-	1	3
<i>Rhodobrium roseum</i>	-	-	-	-	-	-	-	--	1	3
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	+	-	-	-	1	17	1	10	1	3
<i>Sphagnum sp.</i>	-	-	3	72	+	3	+	-	1	38

Примечание: \* – вид присутствует единично.

*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.), гудайера ползучая (*Goodyera repens* (L.) R. Br.), чина лесная (*Lathyrus sylvestris* L.). Моховой покров с проективным покрытием 70-95 % образуют *Hylocomium splendens* (Hedw.) Br., Sch. et Cmb., *Pleurozium schreberi* (Brid). Mitt, *Dicranum polysetum* (Mich.) Sw., *Rhytidiadelphus triquetris* (Hedw.) Schwaegr., пятнами *Polytrichum commune* (Hedw.) и *Sphagnum* sp. Ельник черничный (ППП 37), расположенный в 3,5 км от «Монди СЛПК», довольно сильно отличается по встречаемости видов от остальных еловых сообществ. ОПП живого напочвенного покрова составляет 35 % и он представлен 13 видами растений, из которых доминируют черника и *Hylocomium splendens*, а остальные – типичные для ельников виды – встречаются единично. В данном типе сообщества в составе напочвенного покрова присутствует крапива.

Количество видов растений (с древесными и подлеском) в исследуемых еловых фитоценозах зоны техногенного действия «Монди СЛПК» варьирует от 15 до 24, что в 1,4-2,2 раза меньше, чем в фоновом районе (табл. 2). На ППП экспериментальных ельников зоны загрязнения количество видов травянистых растений в 1,8-3,0 раза, а мхов в 1,1-2,0 раза меньше, чем на ППП фонового района. Встречаемость и обилие наиболее распространённого мха *Pleurozium schreberi* в 2,5-3,0 раза выше, чем на фоновых. С приближением к источнику эмиссии снижается встречаемость майника, марьяника и ожики, вплоть до полного их исчезновения на ППП 37.

Для оценки сходства флористических списков растений напочвенного покрова вычислены коэффициенты Жаккара (табл. 3). Коэффициенты показывают значительное сходство их на контрольных и экспериментальных участках ельников. Из экспериментальных участков выделяется ППП 37, наиболее повреждённый ельник, расположенный в 3,5 км от источника эмиссии.

Важной характеристикой нарушенности фитоценоза является изменение ценотической значимости видов: изменение доли участия в формировании проективного покрытия, числа побегов и т.д. [14]. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса ельников в зоне воздействия выбросов отлично от фонового: на ближайшем к источнику выбросов в 2 раза ниже, чем на фоновом, на двух следующих – выше в 1,3 раза (рис. 2).

Таблица 3

Степень сходства растений напочвенного покрова ельников (коэффициент Жаккара)

№ ППП	№ 33	№ 35	№ 36	№ 38
№ 37	0,30	0,31	0,27	0,15
№ 33		0,43	0,48	0,50
№ 35			0,58	0,46
№ 36				0,56

При обследовании распространения особей доминирующих видов – черники и брусники – было выявлено, что динамика плотности размещения этих кустарничков имеет неоднонаправленные тенденции. Данные рисунка 3 показывают, что в ельниках черничных загрязненной территории плотность особей черники в среднем в 3,5 раза, а брусники – в 4,5 раза больше, чем на фоновой территории. Число побегов брусники увеличивается от 13 в наиболее приближенном к источнику эмиссии фитоценозе до 57 экз./м<sup>2</sup> на удалении от него на 10 км. Относительно черники таких закономерных изменений количества её побегов по градиенту загрязнения не наблюдается. Следует отметить, что интенсивное появление новых побегов возможно лишь при уменьшении конкуренции со стороны других, менее устойчивых к воздействию токсикантов, сосудистых растений, что ранее отмечали в исследованиях, проведённых в сосняках Кольского полуострова Н.М. Деева и Е.А. Мазная [15].

Изучение жизненного состояния ассимиляционного аппарата растений-доминантов травяно-кустарничкового яруса показало повреждённость листьев черники и брусники в зоне

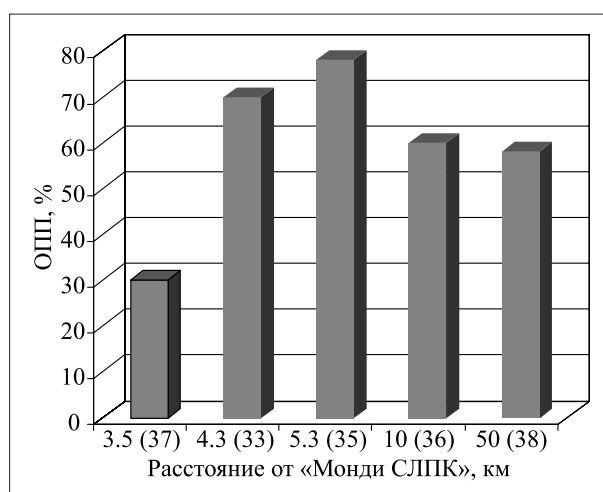
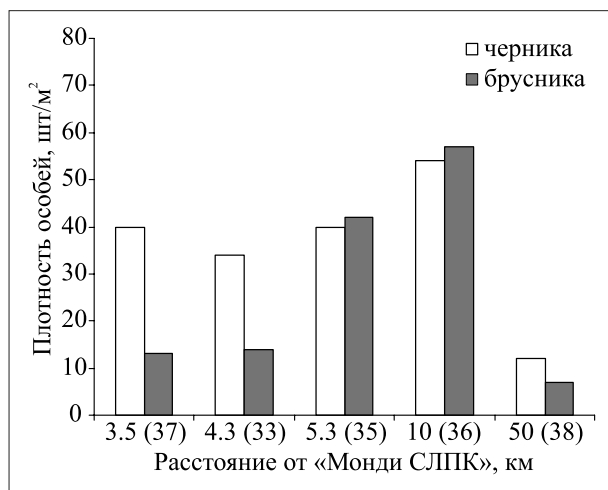
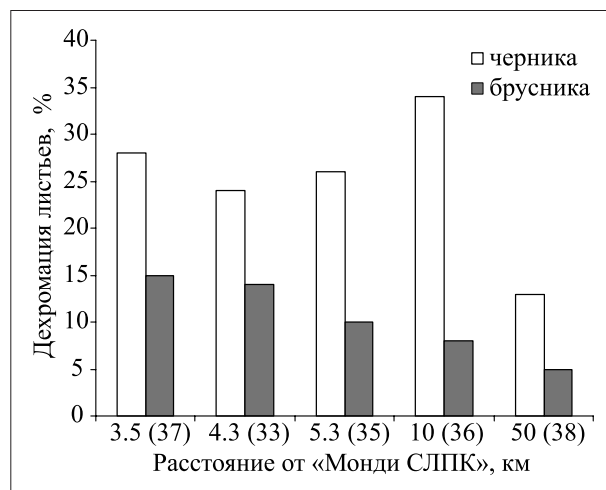


Рис. 2. Общее проективное покрытие растений напочвенного покрова в ельниках в зависимости от удаления от «Монди СЛПК» (по оси ординат – общее проективное покрытие, %; по оси абсцисс – расстояние от «Монди СЛПК», км. (33) – номер ППП.





**Рис. 3.** Плотность размещения особей черники и брусники на территории фоновых и загрязненных ельников (по оси ординат – плотность особей, шт/м<sup>2</sup>; по оси абсцисс – расстояние от «Монди СЛПК», км. (33) – номер ППП.



**Рис. 4.** Дехромация листьев черники и брусники на территории фоновых и загрязненных ельников (по оси ординат – дехромация листьев, %; по оси абсцисс – расстояние от «Монди СЛПК», км. (33) – номер ППП.

воздействия выбросов целлюлозно-бумажного производства (рис. 4). Поврежденность листьев рассматриваемых видов кустарничков увеличивается в два раза по сравнению с фоновым районом и составляет: черники 24-34, брусники 8-15 %. Причем поврежденность черники усиливается, а брусники уменьшается по мере удаления от «Монди СЛПК». У кустарничков наблюдаются пожелтение и побурение листьев, появляются на них точечные ожоги вплоть до разрушения тканей. Это происходит вследствие нарушения в них обменных процессов [16].

В заключение следует отметить, что в результате аэротехногенного воздействия целлюлозно-бумажного производства в ельниках: а) повреждаются растения напочвенного покрова; б) увеличивается поврежденность листьев и плотность размещения особей кустарничков; в) сокращается количество видов растений напочвенного покрова.

### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2005 году». Сыктывкар, 2006. [http://www.agiks.ru/data/gosdoklad/gd2005/h11\\_3.htm](http://www.agiks.ru/data/gosdoklad/gd2005/h11_3.htm)
2. Торлопова Н.В., Робакидзе Е.А. Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы (на примере Сыктывкарского лесопромышленного комплекса). Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 147 с.
3. Меннинг У.Д., Федер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Л. 1985. 143 с.
4. Андреева Е.Н. Динамика видового состава мхов // Влияние промышленного атмосферного загрязне-

ния на сосновые леса Кольского полуострова. Л. 1990. С. 133–141.

5. Горшков В.В. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северотаежных лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л. 1990. С. 144–158.
6. Черненко Т.В. Состояние лесных фитоценозов в окрестностях комбината «Североникель» // Воздействие металлургических производств на лесные экосистемы Кольского полуострова. СПб. 1995. С. 53–85.
7. Полевая геоботаника. М.-Л., 1964. Т. 3. 530 с.
8. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
9. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л. 1964. 448 с.
10. Методы изучения лесных сообществ. СПб. 2002. 240 с.
11. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. 1995. 990 с.
12. Бобкова К.С., Забова И.В. Еловые леса // Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера. СПб. 2001. С. 20–30.
13. Бобкова К.С. Еловые леса средней подзоны тайги // Коренные еловые леса: биоразнообразие, структура, функции. СПб. 2006. С. 99–159.
14. Илькун Г.М. Загрязнение атмосферы и растения. Киев, 1978. 249 с.
15. Деева Н.М., Мазная Е.А. Структура ценопопуляций кустарничков // Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова. Л., 1990. С. 116–129.
16. Робакидзе Е.А., Бобкова К.С. Накопление углеводов в разновозрастной хвое ели сибирской // Физиология растений. 2003. Т.50. № 4. С. 1–8.