

УДК [502.55:628.5]:582.475.4(1-924.16)

# ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭМИССИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА НА АССИМИЛЯЦИОННЫЙ АППАРАТ СОСНЫ

© 2009 г. А. Н. Кизеев, В. К. Жиров, \*А. Н. Никанов

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина  
Кольского научного центра РАН, г. Апатиты\*Научно-исследовательская лаборатория ФГУН «СЗНЦ гигиены  
и общественного здоровья» Роспотребнадзора, г. Кировск

Кольский полуостров — один из наиболее индустриально развитых регионов Крайнего Севера России. Здесь, за Полярным кругом, расположены крупные предприятия горнопромышленного комплекса, металлургические заводы и объекты ядерной энергетики. Растительность полуострова испытывает на себе огромный пресс антропогенной нагрузки. В последнее время большое внимание уделяется исследованиям, связанным с влиянием загрязнений от деятельности предприятий по производству цветных металлов (никель, медь, кобальт, платиноиды, алюминий) на экологические и физиологические функции хвойных пород, в частности на состояние ассимиляционного аппарата сосны, чувствительного к техногенному воздействию [3, 9]. В то же время открытыми остаются вопросы, связанные с комплексным влиянием соединений токсичных химических элементов и малых доз радиации на морфологические и физиолого-биохимические характеристики хвои сосны в условиях Кольского Севера.

## Методика исследования

Объектом исследований послужил ассимиляционный аппарат сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*), произрастающей в индустриально развитых районах центральной части Кольского полуострова и являющейся здесь одной из главных лесообразующих пород. В работе детальному исследованию подвергалась двухлетняя хвоя, которая у вечнозеленых растений несет основную фотосинтетическую нагрузку, а также передает продукируемые органические вещества в репродуктивные и запасающие органы.

Отбор растительных образцов проводился ежемесячно (июнь — сентябрь) в течение 2004–2006 годов на стационарных пробных площадках, которые расположены в 30-километровой зоне действия Кольской атомной электростанции (КАЭС), г. Полярные Зори, а также в зонах влияния медно-никелевого металлургического комбината (МНМК), г. Мончегорск, и алюминиевого завода (АЗ), г. Кандалакша. Древесная растительность на данных площадках типизирована в зависимости от степени ее повреждения промышленными выбросами (табл. 1). На этих же площадках отобраны образцы снега по общепринятым методикам. Концентрации химических элементов в хвое (мг/кг абсолютно сухого веса — АСВ) и в спеге (мг/л) определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии, S и P — колориметрически, N — по методу Кильдаля и потенциометрически [9, 14].

Радиационно-экологические исследования хвои и снежного покрова включали определение радиометрическим методом мощности экспозиционной дозы (МЭД, мкР/ч) и суммарной удельной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности (Бк/кг), гамма-спектрометрическим и радиохимическим методами —

В работе рассматривается влияние промышленных загрязнений предприятий Кольского полуострова на состояние ассимиляционного аппарата хвойных деревьев на примере сосны обыкновенной. Получены сведения о накоплении нерадиационных (тяжелые металлы, сера, кальций, магний, калий, фосфор, азот, фтор и алюминий) и радиационных (суммарная удельная радиоактивность, содержание природных и техногенных радионуклидов) компонентов в хвои сосны в районах Мурманской области, приуроченных к зонам действия крупных предприятий цветной металлургии и атомной электростанции. Выявлены закономерности, связанные с влиянием факторов радиационной и нерадиационной природы на морфологические и физиолого-биохимические характеристики хвои сосны. Показано, что взаимодействия этих факторов способны вносить вклад в токсические эффекты, приводящие к изменениям этих характеристик.

**Ключевые слова:** Кольское За-  
полярье, промышленные выбросы,  
морфологические и физиолого-  
биохимические изменения.

Таблица 1  
Характеристика используемых в работе стационарных пробных площадок

Пробная площадка	Координаты площадки	Район расположения площадки	Таксационные характеристики древостоев*					Тип состояния леса	
			Состав пород	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Запас растительности, м <sup>3</sup> /га			
						живые	сухие		
1	67°50'	32°47'	г. Мончегорск	5С5Б	7	8	12	60	ТП
2	67°49'	32°46'		10С	8	9	21	5	ТР
3	67°38'	32°42'	р. Чуна	7С3Б	8	11	36	3	ИД
4	67°32'	32°19'	р. Пиренга	10С	10	16	88	—	
5	67°22'	32°26'	г. Полярные Зори	8С2Е+Б	12	18	32	—	НД
6	67°21'	32°25'	г. Кандалакша	7С3Е	11	16	35	—	

Примечания: \* — данные Мончегорского и Зашейковского лесхозов; условные обозначения: ТП — техногенная пустота с единичными живыми деревьями, ТР — стадия техногенного редколесья, ИД — стадия интенсивной дефолиации, НД — стадия начальной дефолиации [11].

Таблица 2  
Содержание тяжелых металлов в хвое сосны обыкновенной в исследуемом градиенте техногенного загрязнения, мг/кг АСВ

Пробная площадка	Ni	Cu	Co	Fe	Pb	Zn	Mn
1	143	63	4,7	86	4,0	15	111
2	141	59	4,7	80	3,9	16	166
3	28	15	0,9	78	1,2	45	718
4	6	5	0,3	76	0,4	43	820
5	4	5	0,3	63	0,3	33	671
6	3	4	0,3	59	0,2	29	968

Таблица 3  
Содержание питательных элементов, фтора и алюминия в хвое сосны обыкновенной в исследуемом градиенте техногенного загрязнения, мг/кг АСВ

Пробная площадка	S	Ca	Mg	K	P	N	F	Al
1	796	2318	598	3833	1549	18000	3	252
2	633	2396	628	3900	1233	15325	4	263
3	575	3564	668	3533	1312	14533	8	290
4	573	2992	680	3951	1360	14648	9	300
5	489	3640	747	3681	1292	13985	20	300
6	480	3258	749	2999	1262	14446	27	344

содержания нуклидов природного (<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>238</sup>U, <sup>7</sup>Be, <sup>40</sup>K, и др.) и техногенного (<sup>134</sup>, <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr и др.) происхождения (Бк/кг) [11].

В хвое сосны также определяли термовесовым способом морфологические характеристики — длину и массу хвоинок [16] и физиологико-биохимические показатели — оводненность [12], с помощью реохордного моста — неспецифическую проницаемость клеточных мембран для эндогенных электролитов [10], спектрофотометрически — содержание хлорофиллов, каротиноидов и флавоноидов [8, 13].

#### Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что входящие в состав выбросов МНМК тяжелые металлы — Ni, Cu, Co, Fe и Pb в максимальных количествах осаждаются вблизи источника выбросов (площадки 1 и 2), что отражается на характере их накопления хвойой сосны. С возрастающим расстоянием от комбината количество этих элементов в хвое падает по экспоненте (табл. 2). Концентрации

серы максимальны вблизи МНМК (площадка 1) и уменьшаются с возрастающим расстоянием от него (табл. 3).

Входящие в состав выбросов алюминиевого завода F и Al в максимальных количествах осаждаются из атмосферы и накапливаются в хвое вблизи данного предприятия (площадка 6). По мере удаления от АЗ содержание этих элементов в хвое снижается. Концентрации Zn, Mn, Ca, Mg, K, P и N в хвое сосны не зависят от атмосферного поступления и варьируют на разных пробных площадках. Минимальные концентрации Ca и Zn обнаружены в хвое сосны вблизи МНМК (площадка 1) и в районе р. Пиренга (площадка 4). Концентрации K, P и N в этих точках, наоборот, максимальны. Концентрации Mn и Mg минимальны вблизи МНМК (площадка 1), и возрастают по мере приближения к АЗ (площадка 6) (см. табл. 2 и 3).

Мощность экспозиционной дозы на поверхности сырой и воздушно-сухой массы хвои сосны не превышает 15 мкР/ч (0,15 мкЗв/ч), что согласно Норм

Таблица 4

**Удельная  $\alpha$ - и  $\beta$ -активность и радионуклидный состав хвои сосны обыкновенной в исследуемом градиенте техногенного загрязнения, Бк/кг АСВ**

Пробная площадка	$\alpha$ -активность	$\beta$ -активность	$^{226}\text{Ra}$	$^{214}\text{Pb}$	$^{232}\text{Th}$	$^{228}\text{Ac}$	$^{40}\text{K}$	$^{7}\text{Be}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
1	146	458	195	129	27	25	458	228	23	92
2	129	428	5	126	26	44	462	189	14	81
3	144	198	24	57	25	49	253	135	18	90
4	186	834	100	41	31	42	422	182	47	95
5	136	130	22	34	31	65	412	263	20	64
6	177	442	39	23	51	54	383	218	22	89

Таблица 5

**Изменчивость морфологических и физиолого-биохимических характеристик хвои сосны обыкновенной в исследуемом градиенте техногенного загрязнения**

Пробная площадка	Длина хвои, мм	Масса хвои, мг	СВ, %	ВЭ, $\text{ом}^{-1} \text{см}^{-1}$	СФ, %	(а+b), мг/г сырой массы	Саг, мг/г сырой массы	a/b	Саг/(а+b)
1	33,6	15,4	50,9	1,16	0,75	0,38	0,107	3,64	0,28
2	34,4	16,3	49,3	0,98	0,79	0,45	0,116	3,17	0,26
3	37,5	18,1	49,5	0,83	0,66	0,42	0,111	3,44	0,26
4	39,6	20,9	49,9	0,63	0,75	0,34	0,096	3,66	0,28
5	41,1	23,3	47,7	0,55	0,58	0,39	0,106	3,61	0,27
6	45,2	24,9	48,3	0,50	0,78	0,44	0,114	3,55	0,25

радиационной безопасности (НРБ-99) находится в пределах естественной радиоактивности. Удельная  $\alpha$ - $\beta$ -активность хвои сосны существенно варьирует в зависимости от расположения пробных площадок, что связано с различным накоплением в ней радионуклидов природного и техногенного происхождения (табл. 4). Удельная радиоактивность снежного покрова на Кольском полуострове, определяемая присутствием в его составе незначительных количеств рассматриваемых нуклидов, составляет для  $\alpha$ -активности от 0,01 до 0,1 Бк/кг, а для  $\beta$ -активности от 0,02 до 0,2 Бк/кг, что согласно НРБ-99 не превышает ПДК для питьевой воды.

В хвое сосны на данных площадках содержатся природные радионуклиды рядов урана-238 ( $^{226}\text{Ra}$  и  $^{214}\text{Pb}$ ) и тория-232 ( $^{232}\text{Th}$  и  $^{228}\text{Ac}$ ), поступающие в основном из почвы. В большом количестве в хвое содержится природный радионуклид  $^{40}\text{K}$ , который является неотъемлемым элементом в растительных объектах, а также радионуклид космического происхождения  $^{7}\text{Be}$ . Из техногенных радионуклидов обнаружены  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , накопление которых хвоей связано с естественным круговоротом продуктов деления, поступивших в атмосферу и почву от испытаний ядерного оружия, проводившихся ранее на полигонах планеты, от глобального загрязнения атмосферы выбросами Чернобыльской АЭС и, возможно, в малых количествах от КАЭС [6]. Содержание природных и техногенных радионуклидов неоднородно на разных пробных площадках (см. табл. 4). Пространственное распределение  $^{214}\text{Pb}$  в хвое аналогично распределению стабильного изотопа свинца (Pb). Повышенные значения удельной  $\alpha$ - $\beta$ -активности и концентрации  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{226}\text{Ra}$  отмечены в районе р. Пиренга (площадка 4).

Длина и масса хвои имеют одностороннее распределение, с минимальными значениями вблизи МНМК (площадка 1) и последовательным увеличением этих показателей с возрастанием от него расстоянием (табл. 5). Можно предположить, что такие изменения длины и массы хвои определяются степенью накопления в ней тяжелых металлов (Ni, Cu, Co, Fe, Pb), серы, а также природного радионуклида  $^{214}\text{Pb}$ , который, накапливаясь в хвое аналогично стабильному изотопу (Pb), возможно, усиливает отрицательное действие последнего на длину и массу хвои [5].

Увеличение содержания воды (СВ) в хвое вблизи МНМК (площадка 1) приводит к активации обменных процессов в растительных клетках и способствует детоксикации избыточного количества тяжелых металлов и серы, накапливаемых хвоей (см. табл. 5). В то же время возрастанию оводненности хвои сосны вблизи комбината (площадка 1) и в районе р. Пиренга (площадка 4) могут способствовать повышенные концентрации в хвое Р и N. Увеличение оводненности хвои в районе р. Пиренга (площадка 4), сопровождающееся максимальным накоплением радионуклидов ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ), повышает содержание в ней высокоактивных свободных радикалов, что стимулирует развитие внутриклеточных процессов свободнорадикального окисления.

По мере приближения к МНМК в хвое увеличивается проницаемость клеточных мембран для эндогенных электролитов (ВЭ) (см. табл. 5). Это, по-видимому, происходит под влиянием повышенных концентраций тяжелых металлов, S, N, а также радионуклида  $^{214}\text{Pb}$  в хвое, который, вероятно, усиливает оказываемое Pb на клеточные мембранные действие, способствуя нарушению их структурной целостнос-

ти [5]. Повышенное содержание флавоноидов (СФ) в хвое вблизи МНМК (площадка 2) и АЗ (площадка 6) может являться приспособительной реакцией растения на возрастание в хвое окислительных процессов под действием повышенных концентраций тяжелых металлов, S, N (в районе г. Мончегорска) и F (в районе г. Кандалакша). Увеличение содержания флавоноидов в районе р. Пиренга (площадка 4) (см. табл. 5), по-видимому, является ответной реакцией растения на активацию окислительных процессов в хвое под действием радионуклидов.

Пространственное распределение хлорофиллов ( $a+b$ ) и каротиноидов ( $c+a$ ) в хвое сосны характеризуется большой вариабельностью в зависимости от места отбора проб (см. табл. 5). Минимальное содержание пигментов в хвое отмечено вблизи МНМК (площадка 1) и может являться результатом подавления их синтеза высокими концентрациями тяжелых металлов, S и P, а также окислительной деградации по свободнорадикальному механизму под действием этих элементов. В то же время возможными причинами увеличения содержания пигментов в хвое вблизи АЗ (площадка 6) могли служить повышенные концентрации Mg, Mn, F и Al. Заметное снижение содержания хлорофиллов и каротиноидов в хвое в районе р. Пиренга (площадка 4) (см. табл. 5), по-видимому, объясняется окислительной деградацией или ингибированием синтеза пигментов в результате активации процессов свободнорадикального окисления под действием радионуклидов.

Все изменения в пигментном комплексе хвои происходят в основном за счет уменьшения хлорофилла  $b$ , о чем свидетельствуют максимальные величины соотношения между хлорофиллами  $a$  и  $b$  ( $a/b$ ) на площадках 1 и 4 (см. табл. 5). Увеличение данного соотношения отражает изменения ультраструктуры хлоропластов в сторону уменьшения содержания в них тилакоидов гран. При этом, как известно, интенсивность фотосинтеза возрастает [4]. Максимальная величина соотношения между каротиноидами и хлорофиллами  $c+a/(a+b)$  на площадках 1 и 4 (см. табл. 5) свидетельствует о защитной роли каротиноидов, ингибирующих окислительные процессы в хвое.

При рассмотрении комплекса морфологических и физиологико-биохимических характеристик хвои сосны в зависимости от интенсивности воздействия на нее химических элементов и радионуклидов были выявлены нарушения линейного характера этих зависимостей. Наиболее интересной в этом плане является пробная площадка 4 (район р. Пиренга). В данном районе наблюдалось повышение удельной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности и происходило интенсивное накопление природных и техногенных радионуклидов ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) в хвое (рис. 1).

При этом по сравнению с соседними площадками (3 и 5) здесь увеличивалось содержание Mn, K, а также P и N и уменьшалось содержание Ca. По сравнению с площадкой 3 здесь снижалось содержа-

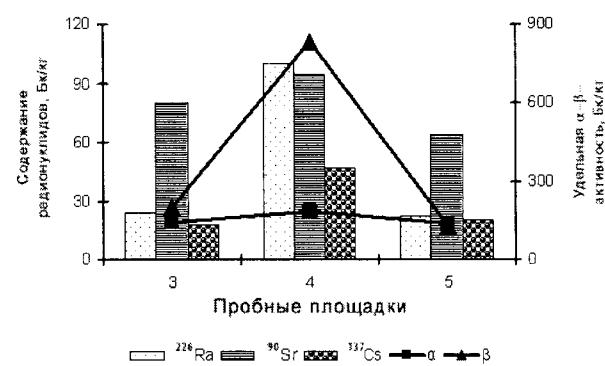


Рис. 1. Удельная  $\alpha$ - $\beta$ -активность и содержание радионуклидов в хвое сосны обыкновенной в районе р. Пиренга (пробная площадка 4) в сравнении с площадками 3 и 5

ние тяжелых металлов (Ni, а также Cu, Co, Fe, Pb, Zn), S и возрастало содержание Mg, Al и F (рис. 2). Следовательно, хвоя сосны в районе р. Пиренга избирательно поглощает биофильные элементы, тогда как содержание тяжелых металлов в ней в этой точке спикается. Это хорошо было видно по накоплению химических элементов в хвое и в снеге.

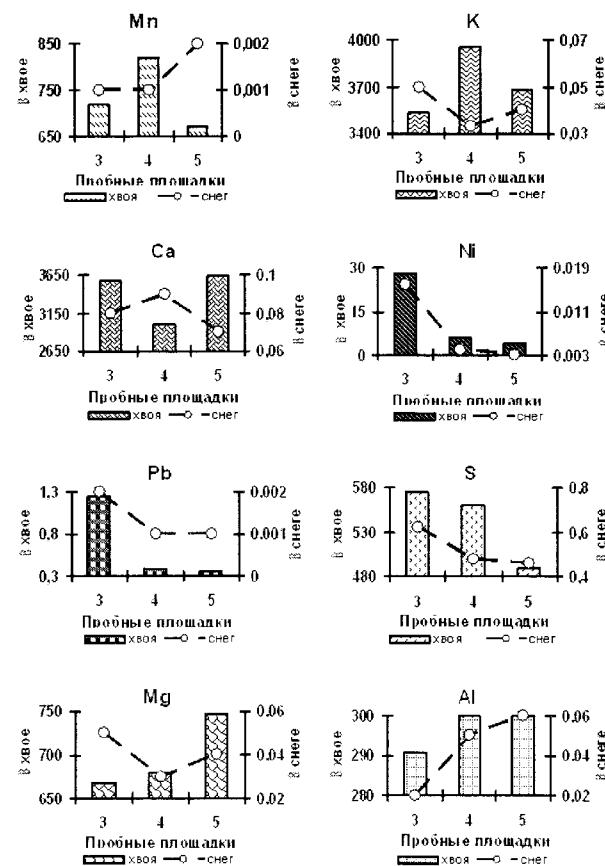


Рис. 2. Содержание химических элементов в хвое сосны обыкновенной (мг/кг) и в снежном покрове (мг/л) в районе р. Пиренга (пробная площадка 4) в сравнении с площадками 3 и 5

Перестройки морфологических и физиологико-биохимических показателей, наблюдаемые в точке 4, слабо затрагивают структуры органного уровня

иерархии, т. е. размеры и массу хвои, и, судя по характеру изменчивости других параметров, могут быть связаны со структурами клеточного и субклеточного уровней (рис. 3). Об этом свидетельствует увеличение оводненности хвои, уменьшение содержания в ней хлорофиллов и каротиноидов и увеличение соотношений между пигментами.

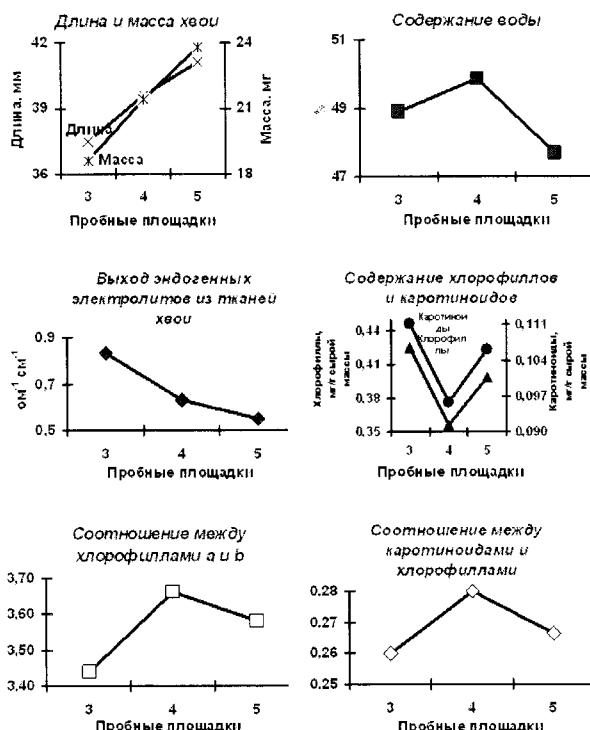


Рис. 3. Морфологические и физиологико-биохимические характеристики хвои сосны обыкновенной на пробных площадках 3–5

Все эти изменения свидетельствуют о пониженном физиологическом возрасте сосны [7, 15]. В то же время обнаруженные на пробной площадке 4 структурные перестройки ассимиляционного аппарата сосны могут интерпретироваться как адаптация активного типа [2], поскольку формирование здесь «световых» хлоропластов свидетельствует о повышении интенсивности фотосинтеза, а заметное снижение выхода эндогенных электролитов (см. рис. 3) – о стабилизации мембранных систем. Это соответствует нашему заключению об уменьшении физиологического возраста растений сосны в данном районе, поскольку активный путь адаптации достигается при низких или высоких значениях возрастности [1].

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что в условиях комбинированного загрязнения отходами различных металлургических производств слабое радиационное воздействие стимулирует адаптивные возможности растительного организма по отношению к действию других загрязнителей.

Итак, деятельность крупных металлургических предприятий приводит к избыточному накоплению в хвое сосны тяжелых металлов, S, Al, F и других компонентов.

Промышленное загрязнение влияет на содержание в хвои основных элементов питания. Вблизи МНМК увеличивается содержание S, N, P и K, а содержание Zn, Mn, Ca, Mg и Al снижается. Вблизи АЗ в хвою возрастает содержание Al, Mn и Mg.

### Выводы

1. Впервые для Мурманской области выявлены особенности накопления удельной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности, а также радионуклидов ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и др.) в природных объектах в меридиональном разрезе между городами Мончегорск и Кандалакша. Установлен ряд естественных и антропогенных источников поступления этих радионуклидов в хвою сосны. Максимальные величины радиационно-гигиенических характеристик не выходят за пределы природного радиационного фона.

2. В зоне максимального воздействия на хвою радиационного фактора (район р. Пиренга) содержание в хвои Mn, K, P, N, Mg, F и Al возрастает, а содержание S, Ca, Ni, Cu, Co, Fe, Pb и Zn снижается, что в определенной мере компенсирует техногенное воздействие и оптимизирует усвоение элементов-биофилов.

3. Аномальное пространственное распределение компонентов техногенного загрязнения и элементов питания в хвои сосны в зоне максимальной активности радиационного фактора связано со структурными перестройками фотосинтетического аппарата на уровнях тканевой – субклеточной иерархий, направленными на снижение физиологического возраста, т. е. локальное омоложение.

4. Низкие уровни радиационного воздействия в условиях техногенного загрязнения усиливают приспособительные возможности хвои сосны в направлении активной адаптационной стратегии, направленной на повышение интенсивности фотосинтеза при общем уменьшении числа функционирующих фотосистем.

### Список литературы

- Жиров В. К. Адаптации и возрастная изменчивость растений на Севере. В 2 ч. / В. К. Жиров, А. В. Кузьмин, С. М. Руденко и др. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2001. – Ч. 2. – 350 с.
- Зауралов О. А. Два типа устойчивости растений // Проблемы и пути повышения устойчивости растений к болезням и экстремальным условиям среды в связи с задачами селекции. В 2 ч. / О. А. Зауралов. – Л. : Изд-во ВИР, 1981. – Ч. 1. – С. 9–11.
- Кайбаянен Л. К. Влияние длительности воздействия токсичных поллютантов на состояния устьиц и фотосинтез хвои *Pinus Sylvestris* L. / Л. К. Кайбаянен, П. Хари, Г. И. Софонова, В. К. Болондинский // Физиология растений. – 1995. – Т. 42, № 6. – С. 871–877.
- Каплан С. Структура и функция фотосинтетических мембран / С. Каплан, Ч. Дж. Арнтицен // Фотосинтез. В 2 т. / под ред. М. Говиндхи. – М. : Мир, 1987. – Т. 1. – С. 162–265.
- Кизеев А. Н. Влияние химического и радиационного факторов на ассимиляционный аппарат сосны обыкновенной / А. Н. Кизеев, В. К. Жиров // Материалы X научной

конференции Беломорской биологической станции МГУ : сб. статей. — М. : Гриф и К, 2006. — С. 53–55.

6. Кизеев А. Н. Накопление радионуклидов в древесной растительности в индустриально развитых регионах Кольского полуострова / А. Н. Кизеев, А. Н. Никанов // Экология человека. — 2006. — № 1. — С. 38–41.

7. Кренке Н. П. Теория циклического старения и омоложения растений и практическое ее применение / Н. П. Кренке. — М. : Сельхозгиз, 1940. — 135 с.

8. Лимарь Р. С. Быстрый спектрофотометрический метод определения пигментов листьев / Р. С. Лимарь, О. А. Сахарова // Методы комплексного изучения фотосинтеза. — Л. : Изд-во ВИР, 1973. — С. 260–270.

9. Лукина Н. В. Питательный режим лесов северной тайги: природные и техногенные аспекты / Н. В. Лукина, В. В. Никонов. — Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1998. — 316 с.

10. Мамаев С. А. О методе быстрого определения газоустойчивости хвои сосны обыкновенной / С. А. Мамаев, Н. М. Макаров // Лесоведение. — 1976. — № 2. С. 80–85.

11. Мельник Н. А. Радиогеоэкологические аспекты безопасности использования горнорудных отходов Кольского региона в производстве строительных материалов / Н. А. Мельник. — Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2003. — 114 с.

12. Николаевский В. С. Оценка газоустойчивости растений // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям : (методическое руководство) / В. С. Николаевский. — Л., 1988. — С. 100–108.

13. Сафонов В. В. Спектрофотометрический метод определения содержания суммы флавоноидов в лекарственном сырье *Caragana spinosa* (L.) Vahl. ex Hornem. / В. В. Сафонов, Е. И. Саканян, Е. Е. Лесиовская // Растительные ресурсы. — 2000. — № 2. — С. 129–132.

14. Хаземова Л. А. Определение фтора в растительном материале / Л. А. Хаземова, Т. Л. Радовская, Н. В. Круглова, Т. К. Качалкова // Агрохимия. — 1983. — № 6. — С. 66–70.

15. Чернов Г. Н. Кренке и его теория старения и омоложения / Г. Н. Чернов. — М. : Изд-во АН СССР, 1963. — 117 с.

16. Ярмишко В. Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере / В. Т. Ярмишко. — СПб. : Изд-во НИИ химии СПб государственного университета, 1997. — 210 с.

#### **IMPACT OF INDUSTRIAL EMISSIONS OF KOLA PENINSULA ENTERPRISES ON PINE ASSIMILATORY APPARATUS**

**A. N. Kizeev, V. K. Zhirov, \*A. N. Nikanov**

*Polar-Alpine Botanical Garden-Institute named after N. A. Avrorin Kola Scientific Center RAS, Apatity*

*\*Scientific Research Laboratory North-West Scientific Center of Hygiene and Public Health Rospotrebnadzor, Kirovsk*

In this work the influence of industrial contaminations on a state of needles of a pine trees, growing in the Kola Peninsula is considered. The information's about accumulation chemical (heavy metals, basic elements, fluorine and aluminium) and radiation (radio-activity, content natural and industrial of radionuclides) contained in needles of a pine trees in Murmansk regions dated for in areas of the large metallurgical plants and area of Kola NPP are obtained. The influence of the factors of a radiation and chemical nature on morphological and physiology-biochemical characteristics of needles of a pine trees are detected. Is shown, that the interactions of these factors are capable to contribution significantly to toxic effects resulting in to modifications of these characteristics.

**Key words:** pine, needles, heavy metals, basic elements, natural and industrial radionuclides, morphological and physiology-biochemical changes.

#### **Контактная информация:**

*Кизеев Алексей Николаевич* — кандидат биологических наук, научный сотрудник Полярно-альпийского ботанического сада-института Кольского научного центра РАН, г. Апатиты

Тел. 8(81555) 42-497; e-mail: [Kizeev@fss.aprec.ru](mailto:Kizeev@fss.aprec.ru)

Статья поступила 07.04.2008 г.