

Т.И. Великоридько, Л.А. Калафат

ДИНАМИКА ОХВОЕННОСТИ ПОБЕГОВ *PINUS SYLVESTRIS* L. ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ДОНБАССЕ

Pinus sylvestris L., охвоенность, аэротехногенное загрязнение

Снижение объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в отдельных крупных промышленных регионах и в целом по Украине привело к улучшению состояния древесных растений, произрастающих в зонах рассеивания промышленных эмиссий. Однако состояние окружающей среды в ближайшем будущем останется напряженным. Повреждение и опад хвои у хвойных вследствие аэротехногенного воздействия приводит к уменьшению ее запасов на растениях, что в конечном итоге может отразиться на первичной продукции древостоев [1, 7].

Продолжительность жизни хвои – один из универсальных показателей, отражающих реакцию растений на специфику условий места произрастания [10] и воздействие на них техногенно загрязненной среды [2, 5, 6, 12]. Сохранность хвои или степень охвоенности можно рассматривать как особенность физиологического состояния сосны обыкновенной в разных климатических и эколого-географических районах [11]. В лесных экосистемах, поврежденных и разрушенных выбросами металлургического производства продолжительность жизни хвои *Pinus sylvestris* L. снижается до трех лет, а вблизи предприятий у отдельных деревьев – до одного года [8].

Целью нашей работы было изучение охвоенности у ростовых разновозрастных побегов *P. sylvestris* в районе, подверженном влиянию химкомбината.

Исследования проводили в древостоях II класса возраста, произрастающих в 0,3; 2,0; и 15,0 км от СПО “Азот”. В каждом насаждении изучали изменчивость морфометрических признаков не менее чем у 15 деревьев, проводя 3–5 замеров годичного прироста побегов, длины хвои.

Состояние древостоев *P. sylvestris* в изучаемом районе свидетельствует о том, что продолжительность жизни хвои изменялась у растений на протяжении многих лет наблюдений по-разному в зависимости от аэротехногенной нагрузки. Изменчивость количества пар хвоинок ростовых побегов боковых ветвей *P. sylvestris* по годам представлена в таблице 1. Наименьшее количество хвои на ветвях во все годы наблюдений было отмечено у растений вблизи источника загрязнения. Хотя это можно объяснить не только качественной спецификой действующих на растения промышленных выбросов, но и, возможно, меньшим годичным приростом боковых побегов у растений этого древостоя. Когда комбинат работал не в полную мощность, на боковых побегах *P. sylvestris* сохранялась хвоя третьего года жизни независимо от расстояния до источника загрязнения, причем максимальный уровень охвоенности побегов, особенно двух- и трехлетнего возраста, был отмечен у растений фоновой зоны загрязнения. В природных условиях коренных лесов Северного Урала продолжительность жизни хвои *P. sylvestris* составляла 5–8 лет, а иногда – и 10–11 лет [7].

Охвоенность двухлетних побегов у растений фоновой зоны загрязнения в 1995–1996 гг. была в 1,2–1,4 раза, а трехлетних – в 2,7–14,8 раза больше на протяжении всех трех последних лет наблюдений, чем у растений в зоне острых воздействий эмиссий

химкомбината. Естественная максимальная продолжительность жизни хвои *P. sylvestris* в степных популяциях была четыре года [5], в годы наших наблюдений хвоя этого возраста эпизодически встречалась очень редко только у отдельных растений зоны фонового уровня загрязнения. В годы интенсивной аэротехногенной нагрузки (1989–1991 гг.) хвоя на побегах третьего года жизни вблизи химкомбината отсутствовала [5] и встречалась редко только на побегах у растений фонового уровня загрязнения, в годы снижения этих нагрузок (1995–1997 гг.) сохранялась у деревьев в разной степени, причем максимально – у растений фоновой зоны загрязнения. В 1991 г. различия в охвоенности двухлетних побегов между крайними вариантами зоны максимального загрязнения и фоновой зоны были очевидными, в 1995–1997 гг. достоверные отличия отмечены лишь в отношении хвои третьего года жизни (см. табл. 1).

Таблица 1. Изменение количества пар хвоинок на ростовых побегах боковых ветвей *Pinus sylvestris* L., в районах с разной аэротехногенной нагрузкой, шт.

Годы	Возраст побегов, год	Удаленность от источника загрязнения, км					
		0,3		2		15	
		M± m	CV,%	M± m	CV,%	M± m	CV,%
1991	2	56,11± 1,65	26,3	45,72 ±1,65	34,0	66,29 ±1,99	27,4
	3	0		0		0	
1995	1	62,72± 3,41	26,1	53,64 ±2,92	25,6	61,80± 2,76	18,4
	2	61,60 ±4,04*	31,5	50,03 ±3,20	30,0	71,27± 7,82*	22,1
	3	19,18± ,80**	75,0	9,86 ±3,42**	162,8	51,14±4,07**	32,8
1996	1	47,77 ±2,18	23,8	24,34± 1,95	27,8	41,41± 1,66	42,0
	2	32,56± 2,40*	38,3	28,75± 2,69*	58,3	37,56 ±1,55*	43,4
	3	6,41 ±2,71**	179,8	5,78± 0,91**	172,4	25,81± ,80**	73,6
1997	1	52,59 ±1,65	29,5	42,31± 1,96	38,4	43,35± 2,22	40,7
	2	43,34 ±1,77*	38,0	32,42±1,80*	51,5	40,22± 2,11*	43,0
	3	1,57± 0,46**	271,4	3,59± 0,97**	219,1	23,28± ,03**	71,3

Примечание для таблиц 1 и 2: различия достоверны по критерию Стьюдента: * – при $P < 0,05$, ** – при $P < 0,01$ при сравнении данных 1991 и 1995–1997 гг., M±m – среднее значение с ошибкой, CV – коэффициент вариации.

Простой и доступный количественный учет относительной охвоенности ростовых побегов (количество пар игл на 1 см длины побега) с высокой степенью очевидности позволяет оценить степень реагирования *P. sylvestris* на воздействие эмиссий промышленных производств [5, 8]. Когда химкомбинат работал не на полную мощность (1995–1997 гг.), достоверные отличия по относительной охвоенности ростовых побегов у растений зоны высокого и фонового уровня загрязнения отмечены только в отношении побегов третьего года жизни (табл. 2). У растений зоны фонового уровня загрязнения сохранность хвои на боковых побегах третьего года жизни была в 3,1–13,3 раза выше, чем у растений зоны острых воздействий. Следует отметить, что даже при значительном снижении мощности производств химкомбината уровень загрязнения воздуха их эмиссиями еще достаточно высок, что способствует сокращению естественной продолжительности жизни хвои даже в 15 км от источника загрязнения. У *P. sylvestris* в различных природно-климатических

Таблица 2. Относительная охвоенность ростовых побегов боковых ветвей *Pinus sylvestris* L., в условиях разной аэротехногенной нагрузки

Год	Возраст побегов, год	Удаленность от источника загрязнения, км					
		0,3		2		15	
		M± m	CV,%	M± m	CV,%	M± m	CV,%
1991	2	7,85± 0,21	23,9	7,75 ±0,18	25,7	6,91± 0,19	24,3
	3	0		0		0	
1995	1	9,61 ±0,33	16,0	10,19 ±0,38	17,5	9,03± 0,57	26,2
	2	6,07± 0,33	25,8	6,12± 0,38	28,9	6,81 ±0,32	19,0
	3	0,64± ,21*	155,4	1,24± 0,38	141,9	4,93± 0,31	25,6
1996	1	7,57 ±0,29	19,9	6,96± 0,40	27,1	7,45± 0,40	28,2
	2	7,29 ±0,45	32,7	6,73± 0,90	58,3	7,03± 0,36	29,1
	3	0,67±0,26*	196,5	1,19± 0,36	142,3	3,70± 0,28	145,3
1997	1	8,86± 0,30	19,2	8,15 ±0,35	13,9	7,11± 0,29	7,1
	2	6,83± 0,35	35,8	6,25 ±0,40	21,7	6,51± 0,30	40,3
	3	0,36± ,24*	123,3	0,92 ±0,45*	150,2	4,80 ±0,42	32,4

зонах Урала колебания охвоенности одно- и двухлетних побегов значительны. Даже в пределах одного географического района эти различия между отдельными насаждениями по этому показателю достигали 30–40 % [11].

Состояние древостоев хвойных характеризуется различной сохранностью на дереве хвои разного возраста [11]. Коэффициент охвоенности, определяемый как соотношение годовичного количества хвои к общей ее массе на боковых побегах, в исследуемых древостоях был во все годы наблюдений ниже у растений зоны фонового уровня загрязнения (табл. 3). Чем ниже значения этого коэффициента, тем выше сохранность хвои, а соответственно,

Таблица 3. Изменения коэффициента охвоенности ростовых побегов и дефолиации кроны *Pinus sylvestris* L. в районах разной аэротехногенной нагрузки

Удаленность от источника загрязнения, км	Год наблюдений	Коэффициенты		
		охвоенности	дефолиации кроны	
			год жизни хвои	
			2	3
0,3	1995	0,589	0,632	0,067
	1996	0,487	0,963	0,089
	1997	0,552	0,771	0,041
2	1995	0,581	0,601	0,122
	1996	0,468	0,967	0,171
	1997	0,532	0,767	0,113
15	1995	0,433	0,754	0,546
	1996	0,410	0,944	0,497
	1997	0,386	0,916	0,675

и охвоенность кроны растений. Небольшие отличия коэффициентов охвоенности наблюдались в 1996 году у растений изучаемых древостоев, удаленных на 0,3 км – на 18,8 %, а на 2 км – на 14,4 % выше, чем у растений фоновой зоны загрязнения. Максимальные отличия показателя охвоенности в сравниваемых выборках деревьев отмечены в 1997 году. У древостоев, удаленных на 0,3 км он составил 4,3 % и на 2 км – 37,8 %. В среднем за три года наблюдений охвоенность растений (согласно значениям анализируемого коэффициента) была ниже в древостоях, удаленных на 0,3 км и 2 км на 32,5 % и 28,6 % соответственно, чем – на 15 км.

Для определения состояния темпов дефолиации кроны деревьев использовали коэффициент дефолиации [12], в нашей модификации (отношение количества пар хвоинок на 1 см длины побега второго и последующих годов жизни к количеству пар хвоинок на 1 см однолетнего побега). Наиболее высокие темпы дефолиации определены у растений древостоев, удаленных на 0,3 и 2 км от источника загрязнения, а самые низкие – произрастающих в фоновой зоне загрязнения. Для трехлетних побегов значения коэффициента дефолиации возрастают по годам в зависимости от удаления от СПО «Азот» таким образом – 15,0 > 2,0 > 0,3 км. Все полученные результаты характеризуют разную адаптивную реакцию *P. sylvestris* на условия техногенного загрязнения среды. Известно [4], что эмиссии металлургического комбината «Североникель» на Кольском полуострове вызывают нарушения в лесных экосистемах на удалении в 60–75 км. Зона повреждения сосновых древостоев достигает 30 км, их разрушения – 15 км и полной деградации – 3–5 км от территории комбината. У 40–50-летних растений *P. sylvestris* продолжительность жизни хвои составляет два-три года, а в зоне острых воздействий эмиссий комбината – один год, в контроле – 5–6 лет. Запасы хвои в этой зоне снижаются в 4,0–4,5 раза по сравнению с фоновой зоной загрязнения и 90–92% ее фитомассы приходится на хвою первого и частично второго годов жизни [4]. Выбросы тепловой электростанции Сибири, работающей на малосерных углях, вызывали у 90-летних растений *P. sylvestris* повреждение хвои, снижение продолжительности ее жизни, а также уменьшение длины и массы хвои. При этом в хвое не отмечено высокого накопления серы [3]. В наших наблюдениях на юго-востоке Украины для *P. sylvestris*, произрастающей в районе 0,3–2,0 км от промплощадки химкомбината, отмечены наиболее значительные потери хвои.

Таким образом, повреждаемость ассимиляционных органов *P. sylvestris* эмиссиями химпроизводств СПО «Азот» в районе г. Северодонецка разнится по годам и зависит от мощности выбросов и продолжительности их воздействия. Наиболее значительные потери хвои отмечены вблизи 0,3–2,0 км от предприятия по сравнению с фоновой зоной загрязнения.

1. Алексеев В.А., Ярмишко В.Т. Влияние атмосферного загрязнения двуокисью серы с примесью тяжелых металлов на строение и продуктивность северотаежных древостоев // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С. 105–115.
2. Великоридько Т.И. Изменчивость морфометрических признаков и репродуктивных показателей у сосны обыкновенной на юго-востоке Украины в зависимости от степени воздействия эмиссий химических комбинатов // Интродукция и акклиматизация растений. – 1998. – Вып. 30. – С. 174–179.
3. Гирс Г.И., Зубарева О.Н. Морфо-физиологические критерии повреждения древостоев выбросами тепловых электростанций // Лесн. хоз-во. – 1992. – № 10. – С 5–6.
4. Деева Н.М., Мазная Е.А., Ярмишко В.Т. Влияние атмосферного загрязнения на состояние ассимиляционного аппарата растений сосновых лесов Кольского полуострова // Лесн. хоз-во. – 1992. – № 10. – С. 8.
5. Коршиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. – Киев: Наук. думка, 1996. – 238 с.

6. *Коришиков И.И., Великоридько Т.И., Фоменко Г.Е.* и др. Влияние промышленных эмиссий на сосну обыкновенную на юго-востоке Украины // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку: Матер. третьої міжнарод. конф., 3–5 вересня 1998 р. – Донецьк, 1998. – С. 257–258.
7. *Лукина Н.В., Никонов В.В.* Изменение первичной продуктивности еловых древостоев под влиянием техногенных загрязнений на Кольском полуострове // Лесоведение. – 1991. – № 4. – С. 37–45.
8. *Мамаев С.А.* О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. II. Амплитуда изменчивости // Закономерности формирования и дифференциации вида у древесных растений. Тр. Ин-та экологии растений и животных. – Свердловск: Б.и., 1969. – С. 3–38.
9. *Мамаев С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). – М.: Наука, 1972. – 284 с.
10. *Мамаев А.В., Махнев А.К.* Основные принципы и актуальные проблемы в области охраны генетического фонда древесных пород // Всесоюз. совещ. по лесн. генетике, селекции, семеноводству. – Петрозаводск: Б.и., 1983. – С. 22–23.
11. *Правдин Л.Ф.* Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. – М.: Наука, 1964. – 192 с.
12. *Jager E.J.* Indikation von Luftverunreinigungen durch morphometrische Untersuchungen an Hoheren Pflanzen // Bioindikation. – Halle-Witterberg: Martin-Luter-Univ.– 1980. – Т. 3. – S. 43–52.

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 5.05.2008

УДК 582.15:581.148:632.15 (477.60)

ДИНАМИКА ОХВОЕННОСТИ ПОБЕГОВ *PINUS SYLVESTRIS* L ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ДОНБАССЕ

Т.И. Великоридько, Л.А. Калафат

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Изучена изменчивость охвоенности ростовых побегов в древостоях *Pinus sylvestris* L., подверженной влиянию химкомбината в районе г. Северодонецка. У растений в зоне острых воздействий эмиссий химкомбината (0,3–2 км), по сравнению с растениями фонового уровня загрязнения (15 км), отмечены достоверные отличия по степени охвоенности ростовых побегов и дефолиации кроны. Повреждаемость ассимиляционных органов *P. sylvestris* эмиссиями химпроизводств СПО “Азот” в районе г. Северодонецк различается по годам и зависит от мощности выбросов и продолжительности их воздействия.

UDC 582.15:581.148:632.15 (477.60)

DYNAMICS OF THE NUMBER OF NEEDLES IN *PINUS SYLVESTRIS* L. SPROUTS UNDER THE EFFECT OF CHEMICAL PLANTS EMISSIONS IN DONBASS

T.I.Velikoridko, L.A.Kalafat

Donetsk Botanical Gardens, Nat.Acad.Sci. of Ukraine

Variability of the number of needles in growth sprouts of *Pinus sylvestris* L. tree stands, exposed to the effect of chemical enterprise emissions have been studied near the town of Severodonetsk. Plants growing within the zone of high emissions level (0,3 to 2 km) have different levels of needle number in the growth sprouts and crown defoliation compared to those growing under the conditions of background pollution level (15 km). Injuries of *Pinus sylvestris* L. assimilation organs, caused by the “Azot” chemical enterprise emissions near Severodonetsk differ year from year depending on the emission power and exposure time.