

УДК 634.0.231

Т. Л. ЛЕНКОВА,
О. Н. ЗУБАРЕВА,
В. В. ИВАНОВ,
А. П. АБАИМОВ
Институт леса
им. В. Н. Сукачева СО РАН

ОСОБЕННОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПРИТУНДРОВЫХ ЛЕСОВ ТАЙМЫРА В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Известно, что растительное сообщество является жизнестойким, если оно способно восстановить численность популяций, заменять погибшие экземпляры новыми [1]. Процесс естественного возобновления и роста древостоев является главным фактором нормального функционирования насаждений, а его нарушение влечет за собой преобразование всего фитоценоза, типологическую смену сообществ [2].

Среди антропогенных факторов, отрицательно воздействующих на лесные сообщества, одним из ведущих является загрязнение окружающей среды аэротехногенными выбросами металлургических предприятий [3, 4]. Природные экосистемы Крайнего Севера в наибольшей степени подвержены разрушительному влиянию токсикантов, поскольку многие виды находятся здесь на пределе ареалов и особенно чувствительны к стрессовым факторам [5]. Роль притундровых лесов, выполняющих важные биосферные и экологические функции, трудно переоценить. Они выступают в качестве климаторегулирующего, почвозащитного и водоохранного фактора, обеспечивают сохранение относительного равновесия природных процессов в зоне сплошного распространения мерзлоты [1, 4, 6-10].

Объекты и методика

Исследования проводились в составе комплексной экспедиции (2001-2004 гг.) на юге Таймыра в притундровых лиственничных лесах и редколесьях, которые в течение длительного времени подвергаются интенсивному влиянию аэротехногенных выбросов предприятий цветной металлургии Норильского промышленного района (НПР). Основным токсикантом является диоксид серы.

Район исследований относится к Средне-Сибирской плоскогорной лесорастительной области, Путоранской горной провинции североазиатских редкостойных лесов и горных тундр [11]. Климатические условия характеризуются исключительной суровостью. Зимний период очень длительный, а продолжительность вегетационного периода не превышает 92 дня [12]. Для данного региона характерно сплошное

распространение многолетней мерзлоты. В системе почвенно-географического районирования территория исследования входит в состав Приенисейской почвенной провинции мезокомбинаций комплексов подбуров, криоземов и торфяных мерзлотно-болотных почв [13]. Лесная растительность представлена преимущественно лиственничными относительно сомкнутыми лесами и редколесьями. В составе древостоев кроме лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) и сибирской (*L. sibirica* Ledeb.), а также гибридного комплекса - лиственницы Чекановского (*L. czekanowskii* Szaf.), принимают участие ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) и береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.). Древостои здесь, как правило, характеризуются низкой продуктивностью (IV-Vб классы бонитета) и сомкнутостью полога (0.2-0.4), разновозрастностью, малой густотой (250-600 шт./га). Преобладающие группы и серии типов леса: кустарничково-лишайниковая, кустарничково-зеленомошная, осоково-сфагновая, кустарничково-моховая. Подлесок представлен душекней кустарниковой (*Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar), кустарниковыми видами ивы (*Salix* spp.), березкой карликовой (*Betula nana* L.), можжевельником (*Juniperus sibirica* Burgsd.), реже шиповником (*Rosa acicularis* Lindl.), рябиной (*Sorbus sibirica* Medl.). В напочвенном покрове преобладают кустистые лишайники (*Cladonia* spp., *Cetraria* spp.), мхи (*Sphagnum* spp., *Pleurozium schreberii* (Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.), *Politrichum commune* (Hedw.) и др.), кустарнички (*Vaccinium vitis-idaea* L., *V. uliginosum* L., *V. myrtillus* L., *Empetrum nigrum* L., *Ledum palustre* L.) [11, 14].

Исследования проводились на 7 ключевых участках, представляющих лесные сообщества разной степени нарушенности на разном удалении от НПР. Они были размещены в равнинных ландшафтах подфакельной территории в южном и юго-восточном направлении: Омунтах - 22, Чопко - 45, Омнэ - 70, Деличе - 85, Тукаланда - 100, Хантайка - 142, Черная (контроль) - 223 км.

На каждом ключевом участке были заложены 2-3 пробные площади, отражающие наиболее характерные местообитания, трансформированные и разрушенные лесные сообщества. На постоянных пробных площадях (ППП) учет естественного возобновления осуществляли методом закладки лент с последующим их разделением на учетные площадки размером 2×2 м, на каждой из которых учитывались всходы, самосев и подрост (порода, количество, происхождение, высотная группа, категория жизненного состояния (КЖС)). По высоте подрост подразделяли на три группы: мелкий (10-50), средний (51-150) и крупный (более 150 см).

Категорию жизненного состояния самосева и подростка определяли согласно санитарным правилам [15]. Выделялись следующие категории: 1 - без признаков ослабления, 2 - ослабленный, 3 - сильно ослабленный, 4 - усыхающий, 5 - свежий сухостой, 6 - старый сухостой.

Для определения возраста и оценки хода роста взято более 100 моделей подростка ели.

Результаты и обсуждение

Как следует из приведенных в таблице 1 данных, на расстоянии до 70 км от источника техногенных эмиссий древостои полностью погибли. При удалении от источника загрязнений на 85 км и более категория жизненного состояния древостоев изменяется от 5.2 до 1.7 (контроль). В их составе здесь принимают участие ель сибирская, лиственница сибирская и береза пушистая. На самом южном ключевом участке в формировании древостоев участвует кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour.). Полнота древостоев варьирует от 0.1 до 0.6.

При исследовании процессов естественного возобновления под пологом насаждений в нарушенных и полностью разрушенных лесных сообществах выявлен ряд особенностей. Одной из них является высокая дифференциация густоты и встречаемости подростка в зависимости от степени нарушенности лесных экосистем. В таблицах 1, 2 и на рисунке 1 приведена количественная характеристика естественного возобновления. Установлено, что на удалении от НПР на 22-45 км на большей части обследованной территории естественное возобновление леса либо очень сильно ослаблено, либо подавлено полностью. Вероятнее всего, это обусловлено высоким задернением почвы, недостаточным увлажнением субстрата и отсутствием источников семян. Между тем, в припойменных местообитаниях встречается небольшое количество молодых особей ели, часть из которых имеет вегетативное происхождение.

Как видно из таблицы 2, в основном это сильно угнетенный мелкий и средний по высоте подрост. Его возраст в этих условиях не превышает 40 лет. Следовательно, в хорошо увлажненных, дренированных местообитаниях даже после гибели древостоев процессы естественного возобновления полностью не подавлены воздействием поллютантов.

На удалении 70 км от источника загрязнений, в более сухих условиях междуречий, для которых характерно формирование вторичных ивняково-злаковых группировок, количество подростка составляет уже 0.55 тыс. шт./га. В увлажненных условиях высокой надпойменной террасы (ивняково-хвошево-шикшевая группировка) количество подростка увеличивается в 34 раза и составляет 18.7 тыс. шт./га. 80 % от его общего количества представлено березой порослевого происхождения. Определяющими успешное возобновление факторами являются хорошее увлажнение, способность березы размножаться вегетативным путем и отсутствие корневой конкуренции со стороны погибших материнских древостоев. Кроме того, в напочвенном покрове сокращается проективное покрытие некоторых видов мхов и лишайников, что играет важную роль на этапе прорастания семян и укоренения всходов. В составе подростка наряду с березой принимает участие и ель. Встречаются особи как семенного, так и вегетативного происхождения. Количество подростка резко сокращается с возрастом (97 % мелкого и среднего подростка), при этом у молодых особей ели ухудшается жизнеспособность, наиболее крупные экземпляры, как правило, нежизнеспособны (КЖС - 4.0). Для молодых особей характерно усыхание верхушечного побега, многовершинность, деформированность крон. Подрост березы, используя корневые системы материнских деревьев, погибших от воздействия поллютантов, имеет более высокий жизненный статус (КЖС 1.0-1.7).

На удалении 85 км зафиксированы максимальные для обследованной территории показатели численности подростка (13.5-20.9 тыс. шт./га). 60-70 % от его общего количества представлено елью. Помимо хорошего увлажнения (мшистые группы типов леса) и сниженной корневой конкуренции со стороны материнского древостоя (доля сухостоя до 75 %) большую роль в высокой численности подростка играет наличие живых взрослых елей, которые сохранили свои репродуктивные функции и периодически продуцируют достаточное количество всхожих семян. В составе подростка доминируют береза и ель. Количество его резко сокращается с возрастом: 80-95 % относится к категории мелкого подростка. Крупные экземпляры ели по-

Таблица 1

Краткая таксационная характеристика пробных площадей

Удаленность от НПР, км	№ ПП	Древостой				Подрост			
		состав	категория состояния	полнота	бонитет	состав	густота, тыс. шт./га		встречаемость, %
							живых	сухих	
22	1	-	6.0			10Е	0.65	1.65	14
	2	-	6.0			10Е	0.05	0	2
	3	-	6.0			-			
45	4	-	6.0			10Е	0.05	0	2
	5	-	6.0			-			
70	7	-	6.0			9Б1Е	0.55	0	12
	6	-	6.0			8Б2Е	18.70	0.50	92
85	8	5Е4Б1Л	4.4	0.4		6Е4Б	20.90	0	96
	9	4Е3Л3Б	5.2	0.1		7Е3Б	13.50	0.30	84
100	10	8Л2Б+Е	2.3	0.6	III	10Б	2.30	0.26	37
	11	6Л3Б1Е	3.9	0.4	IV	6Б4Е+Л	2.65	0.40	40
142	12	7Л2Е1Б	2.3	0.3	IV	5Б5Е	3.75	0.06	60
	13	8Л2Е	3.0	0.3	V	8Б2Е	3.63	0.12	58
	14	10Л+Е	1.8	0.5	IV	10Б+Е	4.30	0.06	55
223	15	4Е4Б1К1Л	2	0.6	Va	6Б3Е1К	4.17	0.25	68
	16	5Л4Е1К+Б	1.7	0.3	IV	6Б3Е1К+Л	4.87	0.87	65

прежнему нежизнеспособны (КЖС - 3.0-4.0), а их численность не превышает 1.6 %.

На удалении 100 км состояние насаждений значительно улучшается (КЖС 2.3-3.9). Однако, это еще сильно ослабленные древостои. Количество подроста под их пологом варьирует от 2.3 до 2.7 тыс. шт./га. В его составе появляется лиственница, но по сравнению с

контрольным участком, где ее подрост не имеет признаков ослабления, это преимущественно угнетенные и усыхающие экземпляры (КЖС - 4.0). Подрост ели представлен всеми высотными группами, но преобладает мелкий, а крупный сильно ослаблен (КЖС - 3.0).

На расстоянии 142 км количественные показатели максимально приближаются к конт-

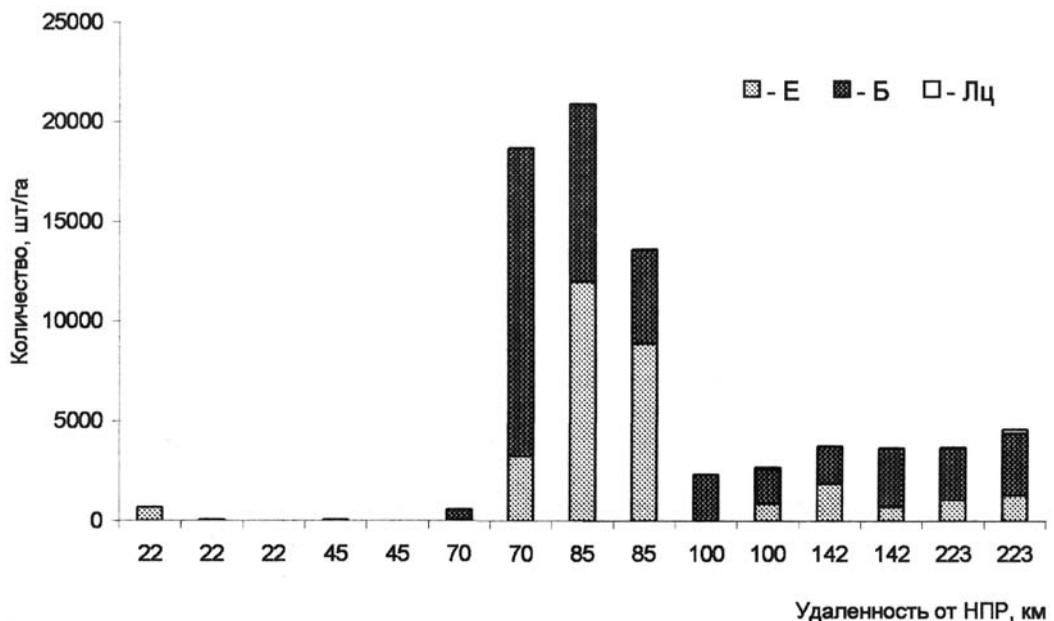


Рис. 1. Количество и состав подроста на пробных площадях

Таблица 2

Распределение самосева и подроста по высотным группам и категориям жизненного состояния

Расстояние от источника загрязнений, км	Условия местопроизрастания (группировка, тип леса)	Порода	Количество, шт./га			
			Категория жизненного состояния (КЖС)			
			всходы, самосев	мелкий подрост	средний	крупный
22	Ивняково-травяно-моховая	Е	-	<u>150</u> 3.7	<u>500</u> 3.1	-
	Кустарниково-злаковая	Е	-	<u>50</u> 3.0	-	-
45	Ивняково-мохово-злаковая	Е	-	-	<u>50</u> 3.0	-
70	Ивняково-хвощево-шикшевая	Е	-	<u>1600</u> 2.5	<u>1550</u> 2.8	<u>100</u> 4.0
		Б	<u>1900</u> 1.0	<u>9050</u> 1.0	<u>5950</u> 1.2	<u>450</u> 1.7
	Ивняково-осоково-злаковая	Е	-	<u>50</u> 1.0	-	-
		Б	-	<u>450</u> 2.6	<u>50</u> 3.0	-
85	Хвощево-кустарничково-мшистый	Е	<u>3200</u> 1.0	<u>10200</u> 1.0	<u>1600</u> 1.5	<u>200</u> 3.5
		Б	<u>15400</u> 1.0	<u>6500</u> 1.0	<u>1900</u> 1.7	<u>500</u> 1.8
	Кустарничково-лишайниково-мшистый	Е	<u>3600</u> 1.0	<u>8300</u> 1.0	<u>500</u> 2.4	-
		Б	<u>21400</u> 1.0	<u>4500</u> 1.0	<u>100</u> 1.0	<u>100</u> 2.0
100	Вейниково-крупнотравный	Б	<u>1730</u> 1.0	<u>820</u> 1.0	<u>660</u> 1.6	<u>820</u> 2.1
		Е	-	<u>550</u> 1.5	<u>200</u> 2.3	<u>100</u> 3.0
	Чернично-злаково-разнотравный	Б	-	<u>850</u> 1.4	<u>700</u> 1.6	<u>150</u> 2.3
		Л	-	<u>50</u> 4	-	<u>50</u> 4
142	Ерниково-голубично-зеленомошный	Е	-	<u>120</u> 2.1	<u>190</u> 1.0	<u>1560</u> 1.6
		Б	-	<u>250</u> 1.5	<u>440</u> 1.3	<u>1190</u> 1.1
	Кустарничково-зеленомошный	Е	<u>60</u> 1.0	<u>190</u> 1.3	<u>60</u> 2.1	<u>440</u> 2.0
		Б	<u>190</u> 1.0	<u>440</u> 1.4	<u>1190</u> 1.4	<u>1310</u> 1.3
223	Травяно-кустарничково-зеленомошный	Е	-	<u>60</u> 1.0	<u>370</u> 2.2	<u>620</u> 1.9
		Б	-	<u>810</u> 1.2	<u>870</u> 1.4	<u>940</u> 1.7
	Хвощево-кустарничково-зеленомошный	Е	<u>410</u> 1.1	<u>810</u> 1.3	<u>230</u> 1.3	<u>230</u> 1.0
		Б	-	<u>290</u> 1.0	<u>2030</u> 1.2	<u>810</u> 1.0
	Л	-	<u>60</u> 1.0	<u>60</u> 1.0	<u>60</u> 1.0	

трольным. Густота подроста составляет 3,63-4,3 тыс. шт./га. Преобладает крупный подрост (48-73 %). Молодые особи ели характеризуются как жизнеспособные. Однако в его составе отсутствует лиственница, что, вероятнее всего, связано с отсутствием пожаров в течение длительного времени.

На рисунке 2 представлен ход роста подроста ели на разном удалении от источника техногенных загрязнений. Как видно, рост подроста сильно замедлен на участках удаленных до 85 км. На удалении 100 км быстрый рост подроста в высоту связан, вероятнее всего, с особенностями условий местопроизрастания (крупнотравные и разнотравные типы леса). На удалении 142 км в бассейне р. Хантайка ход роста подроста ели аналогичен таковому на контрольных участках (бассейн р. Черная).

Таким образом, в результате исследования выявлено, что в зоне влияния промышленных выбросов предприятий НПР возобновительный потенциал главной лесообразующей породы - лиственницы сибирской утрачен. На расстоянии 22-45 км процессы естественного возобновления либо полностью подавлены, либо протекают крайне неудовлетворительно. На удалении 70-100 км, несмотря на многочисленность, подрост не сможет сформировать древесный ярус, поскольку его жизненное состояние характеризуется как сильно ослабленное. На более отдаленных от источника техногенных эмиссий участках естественное возобновление протекает вполне удовлетворительно, а подрост всех высотных групп характеризуется как жизнеспособный.

Процессы естественного возобновления в равнинных ландшафтах юга Таймыра повсеместно дифференцированы по условиям местопроизрастания. Наиболее успешно они протекают в экотопах с проточным увлажнением и затруднены в засушливых местообитаниях.

Авторы выражают искреннюю признательность всем участникам комплексной экспедиции, оказавшим содействие в сборе экспериментального материала в труднодоступных районах Таймыра.

Частично работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта СО и ДВО РАН № 53.

Библиографический список

1. **Чертковской В. Г., Семенов Б. А., Цветков В. Ф. и др.** Предтундровые леса. - М.: Агропромиздат, 1987. - 168 с.
2. **Черненкова Т. В.** Закономерности аккумуляции тяжелых металлов сосны обыкновенной в фоновых и техногенных местообитаниях // Лесоведение. - 2004. - № 2. - С. 25-35.
3. **Менщиков С. Л.** Влияние аэротехногенного загрязнения на лесотундровые экосистемы // Техногенные воздействия на лесные сообщества и проблемы их восстановления и сохранения. - Екатеринбург: Наука, Урал. отдние, 1992. - С. 81-88.
4. **Власенко В. Э., Василюк Л. В.** Аккумуляция серы в различных компонентах лесных экосистем в условиях техногенного воздействия на юге Таймыра // Техногенные воз-

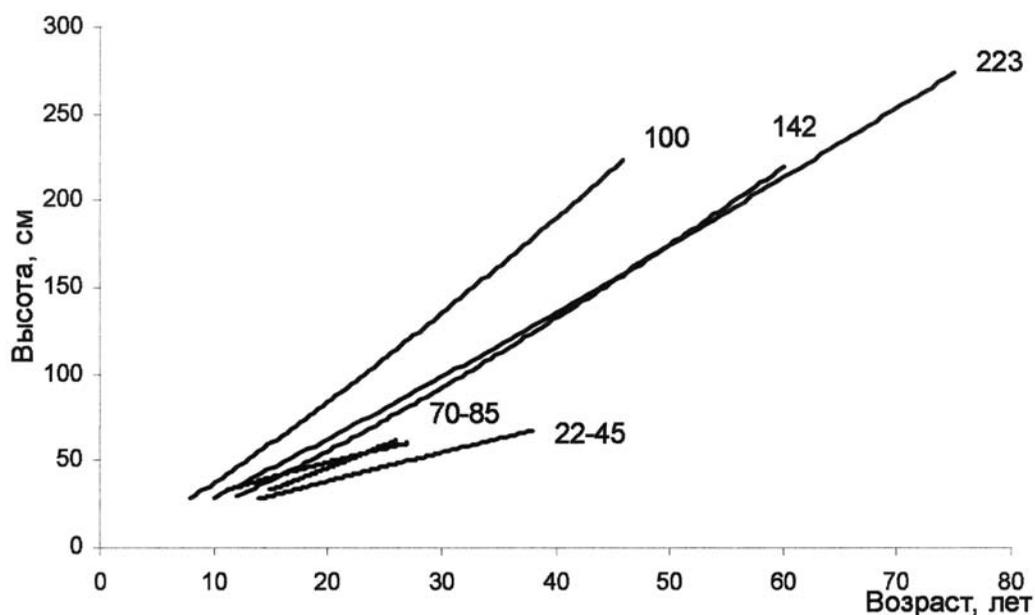


Рис. 2. Ход роста подроста ели при разном удалении от НПП (км)

действия на лесные сообщества и проблемы их восстановления и сохранения. - Екатеринбург: Наука, Урал. отд-ние, 1992. - С. 44-46.

5. Харук В. И. Индикация биотических и техногенных повреждений древесных растений и древостоев в оптической части спектра: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. - Красноярск, 1993. - 30 с.

6. Чибисов Г. А., Цветков В. Ф., Семенов Б. А. Крайне северные леса и проблемы их сохранения // Лесной журнал. - 1992. - № 4. - С. 7-11.

7. Мелехов И. С., Чибисов Г. А. Притундровые леса // Проблемы притундрового лесоводства. - Архангельск, 1995. - С. 8-12.

8. Бондарев А. И. Строение и нормы таксации притундровых лесов северо-востока Красноярского края: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. - Красноярск, 1995. - 19 с.

9. Абаимов А. П., Бондарев А. И. Критерии выделения северных редколесий и биологических редин в редкостойные леса Севера // Лесоведение. - 1997. - № 1. - С. 45-50.

10. Менщиков С. Л. Закономерности трансформации притундровых и таежных лесов в условиях аэротехногенного загрязне-

ния и пути снижения наносимого ущерба: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. - Екатеринбург, 2004. - 43 с.

11. Коротков И. А. Лесорастительное районирование притундровых лесов Сибири // Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера. Тез. докл. Всесоюз. научн. конф. - Архангельск, 1991. - С. 303-307.

12. Абаимов А. П., Зырянова О. А., Коротков И. А. Типологическая структура притундровых лесов Красноярского края // Проблемы притундрового лесоводства. - Архангельск, 1995. - С. 104-115.

13. Ершов Ю. И. Почвы Среднесибирского плоскогорья. - Красноярск: Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2004. - 86 с.

14. Абаимов А. П., Бондарев А. И., Зырянова О. А., Шитова С. А. Леса Красноярского Заполярья. - Новосибирск: Наука, Сиб. изд. фирма РАН, 1997. - 208 с.

15. Санитарные правила в лесах Российской Федерации // Лесное законодательство Российской Федерации. Сб. нормативных правовых актов. - М.: ПАИМС, 1998. - С. 310-329.