

ОРИГИНАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ

УДК 630*231:632.15

**ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ
В ПРИТУНДРОВЫХ ЛЕСАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ
В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ***

© 2011 г. Т. Л. Чихачёва

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

660036 Красноярск, Академгородок, 50

E-mail: chikhachova@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 12.09.2009 г.

Дана оценка естественного лесовозобновления в притундровых лесах Средней Сибири, подверженных аэротехногенному загрязнению. Лесовозобновление зависит от особенностей местопрорастания и степени нарушенности лесных экосистем. С приближением к источнику загрязнений замедляется скорость роста подроста, сокращается его возрастная амплитуда, с возрастом ухудшается жизнеспособность. Наибольшим возобновительным потенциалом в условиях промышленного загрязнения в исследуемом регионе обладают береза пушистая и ель сибирская, меньшим – лиственница сибирская.

Притундровые леса, естественное лесовозобновление, аэротехногенное загрязнение, нарушенность лесных экосистем, возобновительный потенциал, жизненное состояние подроста.

Промышленное загрязнение, нарушающее равновесие в природных экосистемах, является важнейшей экологической проблемой большинства индустриальных регионов планеты. Специфика ответной реакции природных сообществ на загрязнение определяется природно-климатическими и физико-географическими характеристиками регионов [14]. Так, недостаток тепла, краткость вегетационного периода, многолетняя мерзлота, экстремально низкие температуры, континентальность и дефицит влаги обуславливают повышенную уязвимость экосистем Крайнего Севера. К тому же многие виды находятся здесь на пределе ареалов и особенно чувствительны к стрессовым факторам [1, 4, 13].

Притундровые леса Красноярского края более полувека подвергаются воздействию промышленных выбросов предприятий Норильского промышленного района (НПР), что привело к значительным негативным последствиям. Из-за сильнейшего аэротехногенного загрязнения природные экосистемы севера Красноярского края

повреждены в различной степени на площади 7 млн. га. Погибло 0.5 млн. га лесов [9]. Основными загрязнителями являются сернистый ангидрид (96%) и тяжелые металлы (1–3%) [17]. Основная масса промышленной пыли осаждается в радиусе до 30–40 км от источников загрязнения по направлению доминирующих ветров. На расстоянии до 160–180 км повреждение и гибель фитоценозов или их компонентов (мхов, лишайников и др.) связаны с сернистым газом и кислотными осадками. На расстоянии более 180–200 км от источника эмиссий фиксируются фоновые растительные сообщества и почвы [9, 26].

В имеющихся публикациях отмечено влияние выбросов предприятий НПР на состояние и закономерности роста древесных растений [3, 10, 14, 26], напочвенный покров [5, 6], почвы [7]. Сведения о ходе лесовозобновительных процессов на территории с техногенной нарушенностью лесных экосистем в литературе отсутствуют. При этом процесс естественного возобновления леса является одним из важнейших природных свойств лесных сообществ и биологической предпосылкой их длительного существования. Вследствие его нарушения происходит преобразование всего фитоценоза, типологическая смена сообществ.

* Работа выполнена при поддержке интеграционных проектов СО РАН № 5.17 и 5.18, Проекта № 32 программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 23 “Биологическое разнообразие”, РФФИ (08-04-91204).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Район исследований расположен за Полярным кругом и относится к Средне-Сибирской плоскогорной лесорастительной области, Путоранской горной провинции северотаежных редкостойных лесов и горных тундр [12]. Территория характеризуется резко континентальным климатом. Продолжительность вегетационного периода с температурой более +5 °С не превышает 80–90 дней, а период интенсивного роста растений с температурой более +10 °С составляет около 60 дней. Средняя годовая температура воздуха –9.7 °С, среднее количество осадков около 440 мм в год. В зимний период преобладают ветры южного и юго-восточного направления со скоростью 7 м/с⁻¹, в летний – северные и северо-западные ветры со скоростями 4.2–5.0 м с⁻¹ [20].

Леса выступают здесь в качестве климаторегулирующего, почвозащитного и водоохранного фактора, обеспечивают сохранение относительного равновесия природных процессов в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты [28]. Лесная растительность сосредоточена в основном в долинах рек и на склонах водоразделов, сами водоразделы заняты тундровыми сообществами. Главные лесообразующие породы – лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), лиственница Чекановского (*L. czekanowskii* Sz.), на востоке сменяющиеся лиственницей Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) [1].

В системе почвенно-географического районирования территория относится к Приенисейской почвенной провинции мезокомбинаций комплексов подбуров, криоземов и торфяных мерзлотно-болотных почв. Почвы характеризуются малой мощностью, низким содержанием гумуса (1–1.2%) и бедностью подвижных форм калия и фосфора. Мощность деятельного горизонта почвы варьирует от 20 см до 2 м и более [8].

Исследования проводились на ключевых участках (КУ), расположенных на разном удалении от НПП в относительно однородных условиях местопроизрастания в пределах однородной по физическим параметрам геоморфоструктуры – аккумулятивной низменной равнины водно-ледникового генезиса, ориентированной по направлению господствующих ветров (в юго-юго-восточном направлении от НПП), рассеивающих по территории промышленные эмиссии. На каждом ключевом участке закладывался топоэкологический профиль, который пересекал все

разнообразие условий произрастания от пойм рек до водоразделов (междуречий). В пределах профиля, в наиболее характерных условиях произрастания (припойменные участки, склоны водоразделов) закладывались постоянные пробные площади.

Ключевые участки характеризуют 5 зон нарушенности лесных экосистем:

I (КУ 22 км) – *очень сильно нарушенные* (разрушение вертикальной и горизонтальной структуры фитоценоза, смена эдификаторных и доминантных ценотических групп растений, сопровождается массовым отмиранием биоты);

II (КУ 45 и 70 км) – *сильно нарушенные* (полностью погиб эдификаторный ярус сообществ, но в подчиненных ярусах сохранились ценотические группы растений, индицирующие зональный климат и местные эдафические условия произрастания);

III (КУ 85 и 100 км) – *умеренно нарушенные* (сохранилась исходная качественная структура фитоценозов, но ценотические параметры претерпели существенные трансформации количественного порядка);

IV (КУ 142 км) – *слабо нарушенные* (сообщества полностью сохранили исходную качественную структуру, деструктивные трансформации мало значимы);

V (КУ 223 км) – *ненарушенные* (фитоценозы, полностью сохранившие свой природный облик) [11].

Таксационная характеристика пробных площадей приведена в табл. 1.

Учет подроста осуществлялся на каждой пробной площади закладкой лент с последующим их разделением на учетные площадки размером 2 × 2 м [15]. На пробной площади число площадок не менее 30 шт. Учет подроста проводился отдельно по породам и высотным группам (всходы, самосев, мелкий подрост до 0.5 м, средний – 0.5–1.5 м, крупный – более 1.5 м, до 2 см в диаметре на высоте груди). Категория жизненного состояния (КЖС) каждой особи учитывалась по шестибальной шкале согласно “Санитарным правилам в лесах РФ” [18], что в итоге позволило сравнить состояние подроста и древостоя. Выделяли следующие категории: 1 – особь без признаков ослабления, 2 – ослабленная, 3 – сильно ослабленная, 4 – усыхающая, 5 – свежий сухостой, 6 – старый сухостой. За пределами каждой пробной площади бралось до 30 моделей подроста разных высотных групп для анализа его возрастной структуры. В результате первичной обработки материала по

Таблица 1. Краткая таксационная характеристика пробных площадей*

Зона нарушения	Удаленность от НПП, км	Пр. пл.	Тип леса или современная техногенная растительная группировка	Древостой									
				состав*	КЖС	возраст, лет	средние		полнота	класс бонитета	запас, м ³ га ⁻¹		
							диаметр, см	высота, м			растущих	сухих	
I	ЮВ 22	1	Ивняковая мохово-хвошево-злаковая группировка	8Л2Е	6.0	-	-	-	-	0	9		
		2	Багульниково-злаковая группировка	10Л	6.0	-	-	-	-	0	7		
	ЮВ 45	3	Ивняковая багульниково-злаковая группировка	10Л	6.0	-	-	-	-	0	18		
		4	Ивняковая мохово-злаковая группировка	10Л	6.0	-	-	-	-	0	26		
		5	Ивняковая осоково-злаковая группировка	10Л	6.0	-	-	-	-	0	14		
II	ЮВ 70	6	Ивняковая хвошево-кустарничковая группировка	6ЕЗБ1Л	6.0	-	-	-	-	0	22		
		7	Ивняковая злаковая группировка	4Б4Е2Л	6.0	-	-	-	-	0	78		
	ЮВ 85	8	Ельник с березой хвошево-кустарничково-мшистый	5Е4Б1Л	4.4	163	11.7	9.5	0.4	Va	44	33	
		9	Еловая с лиственницей редина кустарничково-лишайничково-мшистый	4ЕЗЛЗБ	5.2	240	15.7	11.0	0.1	Va	8	25	
		10	Лиственничник ветниково-крупнотравный	8Л2Б+Е	2.3	289	44.5	23.6	0.6	III	178	27	
IV	Ю 100	11	Лиственничник с березой чернично-злаково-разнотравный	6ЛЗБ1Е	3.9	280	38.3	19.1	0.4	IV	88	61	
		12	Лиственничник ерниковый голубично-зелено-мошный	7Л2Е1Б	2.3	89	30.1	16.6	0.3	IV	89	9	
	Ю 142	13	Лиственничник кустарничково-зеленомошный	8Л2Е	3.0	280	26.7	16.0	0.3	V	89	24	
V	Ю 223	14	Ельник с березой травяно-кустарничково-зелено-мошный	4Е4Б1К1Л	2.0	111	10.7	9.2	0.6	Va	76	2	
		15	Лиственничник с елью хвошево-кустарничково-зеленомошный	5Л4Е1К+Б	1.7	197	34.2	17.9	0.3	IV	137	6	

* Л – лиственница, Е – ель, Б – береза, К – кедр.
Примечание. Используются материалы лесоводственной базы данных, составленной В.И. Поляковым и др.

общепринятым в лесоводстве методикам получены качественные и количественные характеристики естественного возобновления.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Лесные экосистемы природного фона. Специфичность лесообразовательного процесса в мерзлотной зоне обусловлена своеобразием гидротермического режима мерзлотных почв, ведущей ролью корневой конкуренции за трофические ресурсы и доступную влагу в деятельном горизонте почв и почти полным отсутствием лимитирующей роли светового фактора. Это находит отражение в особенностях строения древостоев. Они характеризуются низкой продуктивностью (IV–Vб классы бонитета, на относительно хорошо дренированных припойменных участках может увеличиваться до III–IV), невысокой сомкнутостью (0.2–0.4, реже до 0.6), разновозрастностью и малой густотой (250–600 шт. га⁻¹). В нижних ярусах растительности принимают участие элементы как северотаежной, так и тундровой флоры. Преобладающие группы типов леса: кустарничково-лишайниковая, кустарничково-зеленомошная, кустарничково-моховая [1]. Одной из основных особенностей лесов мерзлотной зоны Сибири является замедленное естественное возобновление. Количество подростка в разных типах леса редко превышает 3–4 тыс. шт. га⁻¹ [1]. Исследователи выделяют ряд причин, замедляющих ход естественного возобновления: низкая повторяемость семенных лет (1 раз в 5–7 лет), слабое семеношение, низкая всхожесть и недостаток доброкачественных семян [16, 28], мощный мохово-лишайниковый покров, препятствующий прорастанию семян и укоренению всходов, и жесткая корневая конкуренция за влагу и элементы минерального питания между всеми ярусами растительности [1, 16].

Периодически повторяющиеся лесные пожары (межпожарный интервал – 40–100 и более лет) создают благоприятные условия для последующего возобновления. Густота подростка на горях на порядок выше, чем на негоревших участках, и может достигать 60 тыс. шт. га⁻¹ и более вследствие уничтожения мохово-лишайникового покрова, снижения корневой конкуренции из-за гибели деревьев основного полога и подчиненных ярусов лесной растительности [1, 16, 19 и др.], увеличения биологической активности почв [27], а также благоприятных изменений температурного режима почвы в результате огневой мелиорации [23]. Увеличивается содержание фосфора, азота и других элементов минерального питания [2].

Последующее восстановление мохово-лишайникового покрова и подъем к дневной поверхности многолетней мерзлоты обуславливают сокращение деятельного горизонта почвы, ухудшение эдафических условий, обострение корневой конкуренции [2] и, как следствие, замедление лесовозобновительных процессов. Пожары предопределяют цикличность в развитии лесных экосистем.

В основном под пологом леса формируется разновозрастный подрост с амплитудой колебаний возраста до 100 лет. Высоковозрастные особи в подросте способны долгое время находиться в угнетенном состоянии, но сохранять жизнеспособность и при появлении благоприятных условий пополнить молодое поколение леса [1].

Лесные экосистемы в условиях аэротехногенного загрязнения. Длительное загрязнение лесных экосистем выбросами предприятий НПП привело к значительным нарушениям в их функционировании. По мере приближения от природного фона к источнику загрязнений происходит увеличение доли сухостоя, влекущее за собой снижение сомкнутости лесов и полную их гибель (табл. 1). Снижается ценотическая роль мохово-лишайникового яруса и повышается значимость кустарниковых и травянистых жизненных форм, увеличивается площадь деградированной обнаженности грунтов [11]. Нарушения в лесных биогеоценозах, их дестабилизация неизбежно сопровождаются снижением активности лесообразовательного процесса, особенно на стадии лесовозобновления.

Характер лесовозобновления зависит от степени нарушенности лесных экосистем. Помимо удаленности от источника загрязнения, важную роль в устойчивости насаждений к промышленным выбросам играют условия местопроизрастания [14, 25, 26]. В исследуемом регионе наиболее устойчивыми являются насаждения, произрастающие на хорошо дренированных почвах в речных долинах. Наименее устойчивы насаждения, произрастающие в условиях слабодренированных междуречий. Процессы естественного лесовозобновления четко дифференцированы по элементам рельефа.

Для большей части исследуемой территории, для насаждений, произрастающих в жестких условиях междуречий (близкое залегание многолетней мерзлоты, слабо дренированные почвы), характерно снижение численности подростка по направлению к источнику загрязнений (рис. 1, а). Лесные экосистемы зон очень сильной и сильной нарушенности, погибшие в 70–80-х годах

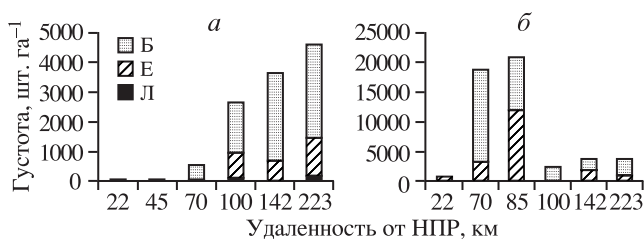


Рис. 1. Густота подроста в зависимости от удаленности экосистемы от источника загрязнений: *a* – на слабо дренированных почвах (междуречья), *б* – на умеренно и хорошо дренированных почвах (речные долины, склоны междуречий). Б – береза, Е – ель, Л – лиственница.

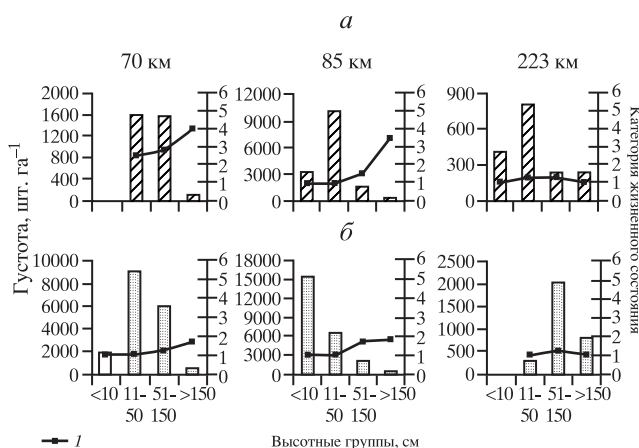


Рис. 2. Распределение подроста по высотным группам с указанием средней категории жизненного состояния (*I*) в насаждениях на разном удалении от НПП: *a* – ель, *б* – береза.

прошлого века [10], оказались не способными к дальнейшему возобновлению. Единичные экземпляры подроста ели стланиковой формы, часть из которых возникла укоренением нижних ветвей, появились здесь до полной гибели древостоев. В настоящее время они сильно угнетены и имеют следы повреждения (хлорозы и некрозы хвои).

В благоприятных условиях произрастания (умеренно и хорошо дренированные почвы припойменных участков и склонов террас) наблюдается

иная картина. В сильно и умеренно нарушенных лесных экосистемах (70 и 85 км от НПП) густота подроста может достигать 20 и более тыс. шт. га⁻¹ (рис. 1, *б*), что на порядок выше значений природного фона и сравнимо с показателями послепожарного возобновления в естественных условиях. Наличие подроста в возрасте до 10 лет (табл. 2) указывает на то, что часть сохранившихся деревьев основного полога продолжает плодоносить и давать всхожие семена (КУ 85 км). В припойменных участках в зоне сильной нарушенности экосистем, где древесный ярус погиб полностью (КУ 70 км), появление подроста, вероятно, связано с переносом семян по насту или “большой” водой из близлежащих уцелевших древостоев.

Наличие источников обсеменения, снижение корневой конкуренции со стороны усыхающего или усохшего материнского древостоя, уменьшение мощности и проективного покрытия мохово-лишайникового покрова, увеличение деятельного горизонта почвы способствуют появлению многочисленного подроста, в составе которого принимают участие ель и береза. Но если на территории природного фона (223 км) подрост ели всех высотных групп жизнеспособен (КЖС 1.0–1.5, рис. 2), то в зоне интенсивного влияния промышленных выбросов состояние молодых елей значительно ухудшается с возрастом, и крупный подрост характеризуется как сильно ослабленный или усыхающий (КЖС 3.5–4.0). Для него характерно усыхание кроны и осевого побега, многовершинность, стланиковые формы, повреждение хвои поллютантами. Подрост березы всех высотных групп имеет КЖС 1–2, что характеризует его как достаточно жизнеспособный, хотя у него также отмечены некрозы и хлорозы листьев.

Анализ количественных и качественных параметров естественного возобновления показал, что по мере нарастания техногенного пресса уменьшается возрастная амплитуда подроста. На территории природного фона под пологом материнских древостоев формируется преиму-

Таблица 2. Распределение подроста ели по возрастным группам в зонах разной нарушенности лесных экосистем, %

Удаленность от НПП, км (зона нарушенности лесных экосистем)	Возраст, лет					
	1–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51 и >
22 (очень сильно нарушенные)	–	23.1	57.1	19.8	–	–
70 (сильно нарушенные)	6.2	43.1	27.7	20.0	3.1	–
85 (умеренно нарушенные)	22.4	52.6	14.5	7.2	2.6	0.7
142 (слабо нарушенные)	5.3	5.3	5.3	35.8	45.5	2.7
223 (ненарушенные)	0.5	3.8	8.1	40.0	38.1	9.5

щественно разновозрастный подрост с амплитудой колебаний возраста до 70–80 и более лет, обуславливающий разновозрастную структуру большинства древостоев северных редкостойных лесов. По направлению к источнику загрязнения возрастная амплитуда подроста постепенно сокращается до 30 и менее лет (табл. 2). При этом в зоне очень сильной нарушенности отсутствуют всходы и самосев, что связано с отсутствием источников семян. Подрост старше 40 лет погиб, а оставшийся сильно угнетен и характеризуется очень низкой скоростью роста (рис. 3). В целом, по направлению к источнику загрязнений происходит сопряженное ухудшение жизненного состояния древостоев и подроста (рис. 4). В условиях загрязнения, в пределах одного ключевого участка, с возрастом жизнеспособность деревьев существенно ухудшается.

В составе подроста, как в фоновых, так и в техногенно нарушенных экосистемах участвуют преимущественно ель и береза. На фоновых территориях успешное семенное возобновление хвойных пород (ели и лиственницы) ограничивает мощный мохово-лишайниковый покров, препятствующий укоренению всходов. В составе подроста преобладает (до 90–100%) порослевая береза. При техногенной нарушенности лесных экосистем ценотическая роль мохово-лишайникового покрова снижается, уменьшается его проективное покрытие и мощность, т.е. появляются участки, на которых возможно прорастание семян. Этим успешно пользуются ель и береза (90–95% особей семенного происхождения). При этом отсутствует возобновление лиственницы, даже при наличии живых материнских деревьев.

Это хорошо согласуется с литературными данными [14, 25] и результатами комплексных исследований, в ходе которых было установлено, что лиственница в условиях промышленного загрязнения в НПП оказалась породой, наиболее чувствительной к промышленным выбросам. Вопреки имеющимся в литературе данным [22 и др.], листопадность лиственницы не обеспечивает ей преимуществ перед елью. На фоне суровых климатических условий при аэротехногенном загрязнении более значимыми оказались эколого-генетические, в том числе морфофизиологические, особенности пород. Мощные покровные ткани хвои обусловили большую устойчивость ассимиляционного аппарата ели к высоким концентрациям загрязнителей по сравнению с лиственницей и березой [14].

Резкое ухудшение жизненного состояния материнских деревьев лиственницы могло привести

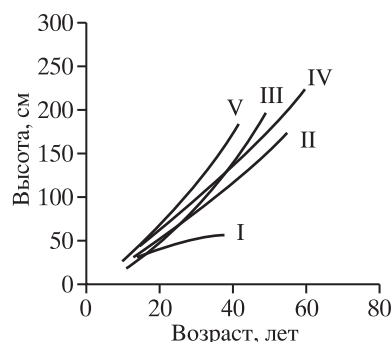


Рис. 3. Рост подростка ели в высоту в зонах разной степени техногенной нарушенности лесных экосистем: I – очень сильно нарушенные, II – сильно нарушенные, III – умеренно нарушенные, IV – слабо нарушенные, V – ненарушенные.

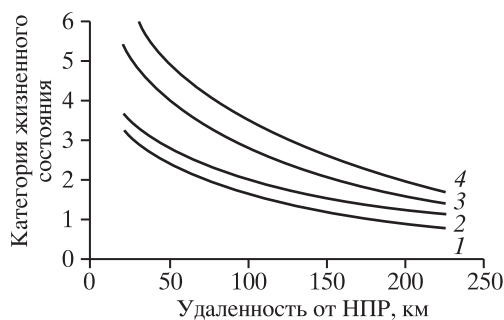


Рис. 4. Изменение жизненного состояния подростка (1 – мелкий, 2 – средний, 3 – крупный) и древостоя (4) в зависимости от удаленности экосистемы от источника загрязнений.

к качественным и количественным нарушениям в репродуктивном процессе, и, как следствие, к снижению посевных качеств ее семян. Специальных исследований по плодоношению основных видов-лесообразователей и качеству их семян в условиях техногенного загрязнения не проводилось, но литературные данные свидетельствуют о том, что воздействие поллютантов оказывает отрицательное влияние на все стадии репродуктивного процесса деревьев [21, 24, 26 и др.]. При этом высоких значений достигает доля пустых семян, всхожесть сформировавшихся семян падает, а образующиеся всходы имеют низкую жизнеспособность.

Отсутствие подростка лиственницы в зонах сильной и умеренной нарушенности говорит о низком возобновительном потенциале главной лесообразующей породы в этих условиях.

Заключение. Аэротехногенное загрязнение природных экосистем на севере Красноярского края стало причиной регрессивной направленности лесообразовательного процесса. Наряду с гибелью эдификаторного (древесного) яруса, сменой доминантов в подчиненных ярусах расти-

тельности, упрощением структуры фитоценозов, ростом дигрессивной обнаженности грунтов наблюдается замедление процессов естественного возобновления. По мере приближения к источнику загрязнений снижается численность подроста (до полного отсутствия), сокращается его возрастная амплитуда. При интенсивном загрязнении с возрастом значительно ухудшается жизнеспособность молодых особей, замедляется скорость роста.

В зоне сильной и умеренной нарушенности в благоприятных условиях местопроизрастания густота подроста увеличивается до 20–40 тыс. шт. га⁻¹, что на порядок превышает значения природного фона. Этому способствует наличие источников семян, снижение корневой конкуренции и уменьшение мощности и проективного покрытия мохово-лишайникового покрова – главного препятствия на пути прорастания семян и укоренения всходов. Однако многочисленный подрост не способен сформировать полноценный древесный ярус, так как с возрастом его жизненное состояние существенно ухудшается, и крупные особи характеризуются как сильно ослабленные и усыхающие.

Наибольшим возобновительным потенциалом в условиях промышленного загрязнения в исследуемом регионе обладают береза пушистая и ель сибирская. Эдификаторная роль лиственницы сибирской здесь утрачена.

* * *

Автор благодарит всех участников комплексных исследований за помощь в сборе материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абаимов А.П., Бондарев А.И., Зырянова О.А., Шитова С.А.* Леса Красноярского Заполярья. Новосибирск: Наука, 1997. 208 с.
2. *Абаимов А.П., Прокушкин С.Г., Зырянова О.А., Каверзина Л.Н.* Особенности формирования и функционирования лиственничных лесов на мерзлотных почвах // *Лесоведение*. 1997. № 5. С. 13–23.
3. *Антоненко С.Н.* Фенологические особенности кустарниковых видов ив в окрестностях г. Норильск // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: Матер. Всерос. конф. Красноярск, 2004. С. 246, 247.
4. *Бойченко А.М., Исаев А.П.* Вопросы восстановления притундровых лесов вблизи северной границы их распространения // *Лесн. журн.* 1992. № 4. С. 33–37.
5. *Власенко В.Э., Василюк Л.В.* Аккумуляция серы в различных компонентах лесных экосистем в условиях техногенного воздействия на юге Таймыра // *Техногенные воздействия на лесные сообщества и проблемы их восстановления и сохранения*. Екатеринбург: Наука, 1992. С. 44–46.
6. *Власова Т.М., Филипчук А.Н.* Выбор биоиндикаторов для организации локального мониторинга северных лесов в условиях аэротехногенного воздействия // *Северные леса: состояние, динамика, антропогенное воздействие: Матер. Междунар. симпоз.* Архангельск, М., 1990. Ч. IV. С. 6–17.
7. *Ершов Ю.И.* Почвы предтундровых лесов Енисейского Заполярья, подверженные аэропромышленным выбросам серы // *География и природные ресурсы*. 1992. № 1. С. 33–39.
8. *Ершов Ю.И.* Почвы Среднесибирского плоскогорья. Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2004. 86 с.
9. *Зубарева О.Н., Скрипальщикова Л.Н., Грешилова Н.В., Харук В.И.* Зонирование ландшафтов, подверженных техногенному воздействию выбросов Норильского горно-металлургического комбината // *Экология*. 2003. № 6. С. 415–419.
10. *Ковалев Б.И., Филипчук А.Н.* Состояние лесов в зоне воздействия промышленных выбросов // *Лесн. хоз-во*. 1990. № 5. С. 36–38.
11. *Корец М.А., Рыжкова В.А.* Мониторинг состояния растительного покрова в зонах промышленных выбросов на основе сопряженного анализа наземных и дистанционных данных с использованием ГИС // *ГЕО-Сибирь-2006.*: Матер. Междунар. научн. конгресса. Новосибирск: СГГА, 2006. Т. 2. Ч. 2. С. 214–219.
12. *Коротков И.А.* Лесорастительное районирование предтундровых лесов Сибири // *Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера: Тез. докл. Всесоюзн. научн. конф.* Архангельск, 1991. С. 303–307.
13. *Крючков В.В.* Предельные антропогенные нагрузки и состояние экосистем Севера // *Экология*. 1991. № 3. С. 28–40.
14. *Менщиков С.Л.* Закономерности трансформации предтундровых и таежных лесов в условиях аэротехногенного загрязнения и пути снижения наносимого ущерба: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.03.03. Екатеринбург: Ботанический сад УрО РАН, 2004. 43 с.
15. *Побединский А.В.* Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 60 с.
16. *Поздняков Л.К.* Мерзлотное лесоведение. Новосибирск: Наука, 1986. 192 с.
17. *Савченко В.А.* Экологические проблемы Таймыра. М.: СИП РИА, 1998. 194 с.

18. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. Утверждены приказом МПР России от 27.12.2005 № 350.
19. Софронов М.А. Лесообразовательный процесс в лесах на холодных почвах и его связь с пожарами // Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера: Тез. докл. Всесоюз. научн. конф. Архангельск, 1991. С. 169–171.
20. Справочник по климату СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1967. Вып. 21. Ч. 2. 504 с.; 1969. Вып. 21. Ч. 4. 402 с.
21. Ставрова Н.И. Влияние атмосферного загрязнения на семеношение хвойных пород // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 115–120.
22. Треншоу М. Загрязнение воздуха и жизнь растений. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 438 с.
23. Уткин А.И. Лесные биогеоценозы криогенной области как специфичные системы // Экология. 1976. № 3. С. 15–22.
24. Федорков А.Л. Качество семян ели сибирской на Кольском полуострове в условиях техногенного загрязнения // Лесоведение. 1997. № 6. С. 50–53.
25. Харук В.И., Винтербергер К., Цибульский Г.М., Яхимович А.П., Мороз С.Н. Техногенное повреждение притундровых лесов Норильской долины // Экология. 1996. № 6. С. 424–429.
26. Цветков В.Ф., Цветков И.В. Леса в условиях аэротехногенного загрязнения. Архангельск: Солти, 2003. 354 с.
27. Цветков П.А., Сорокин Д.Н., Прокушкин С.Г., Каверзина Л.Н., Сорокина О.А., Цветкова Г.М. Эдафические условия и лесовосстановление после пожаров в лиственничниках Эвенкии // Лесоведение. 2001. № 2. С. 16–21.
28. Чертовской В.Г., Семенов Б.А., Цветков В.Ф., Смолоногов Е.П., Вегерин А.М., Мироненко О.Н., Тихменев Е.А., Листов А.А. Претундровые леса. М.: Агропромиздат, 1987. 168 с.

Natural Regeneration in Near-Tundra Forests of Krasnoyarsk Region under Aerotechnogenic Pollution

T. L. Chikhacheva

The natural forest regeneration in near-tundra forests of Central Siberia subject to industrial pollution is assessed. The forest regeneration processes depends on the growth conditions and the degree of forest disturbance. The growth rate, age amplitude, and viability of the regrowth are reduced from the undamaged to the strongly disturbed territories. *Betula pubescens* Ehrh. and *Picea obovata* Ledeb. have the higher regeneration potential than *Larix sibirica* Ledeb. under conditions of industrial pollution.