

ОСОБЕННОСТИ ВТОРИЧНЫХ СУКЦЕССИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНАХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В статье затронут вопрос о состоянии лесных экосистем Приангарья, находящихся под длительным влиянием промышленных выбросов. Дана оценка пространственно-временной динамики изменения лесных фитоценозов.

Ключевые слова: атмосферное загрязнение, состояние древостоев, алюминиевое производство, таксационные показатели.

Причиной напряженной экологической ситуации, которая сложилась в районе г. Братска является высокая концентрация промышленных предприятий, загрязняющих атмосферу наиболее токсичными для растений фтористыми соединениями, а также серосодержащими соединениями, окислами азота и хлора. Это привело к усыханию насаждений на обширной площади (свыше 150 тыс. гектаров). На протяжении последних десятилетий под влиянием атмосферного загрязнения в состоянии лесных экосистем происходят серьезные изменения, которые выражаются в проявлении вторичных сукцессионных процессов.

Основным источником загрязнения является Братский алюминиевый завод (ОАО «БрАЗ»). Несовершенство технологического процесса алюминиевого производства становится превышение ПДК по многим химическим загрязнителям. Планы по модернизация процессов производства алюминия, которая должна была привести к существенному улучшению экологической обстановки отложены, в связи с финансовыми трудностями, вызванными мировым экономическим кризисом.

Негативные эффекты влияния промышленных выбросов на растительность возникают в результате, как прямого воздействия загрязняющих веществ, так и косвенного, при накоплении загрязняющих веществ в почве.

Основной тип воздействия на окружающую среду в районе расположения завода — выбросы загрязняющих веществ. Наиболее токсичным компонентом выбросов алюминиевых заводов для растений являются газообразные фторсодержащие соединения и, в частности, фтористый водород. Его токсичность превосходит другие газообразные кислотные соединения, например, хлор и диоксид серы [1].

На рисунке 1 представлена схема миграции загрязняющих веществ, поступающих с промплощадки БрАЗа, расположенного в ландшафтном комплексе.

Растительные сообщества Братского района представлены многочисленными семействами и видами растений.

Преобладающими породами в лесных фитоценозах в районе загрязнения являются сосна (*Pinus sylvestris L.*) и лиственница (*Larix sibirica Ldb.*), которые обладают наименьшей устойчивостью к воздействию агрессивных аэрозолей.

Наибольшее распространение в зоне загрязнения получили насаждения, произрастающие в разнотравной группе типов леса, включающей в себя следующие типы леса:

- разнотравный (54% лесопокрытой площади);
- бруснично-разнотравный (12,2%);
- разнотравно-осочковый (1,8%).

В зеленомошниковой группе типов леса древостои занимают 70571 га или 21,5% площади. На долю остальных типов леса приходится 10% площади, покрытой лесом.

В зоне сильного антропогенного загрязнения живой напочвенный покров с характерными лесными видами сменяется растительностью с преобладанием сорных и луговых видов. На многих пробных площадях в санитарно-защитной зоне Братского алюминиевого завода растительность меняется на осоки, полынь, злаки и другие луговые виды.

Данные о видовом и количественном составе живого напочвенного покрова лесных фитоценозов по различным экологическим группам травянистых растений в пределах четырехкилометрового участка вокруг алюминиевого завода приведено в таблице 1.

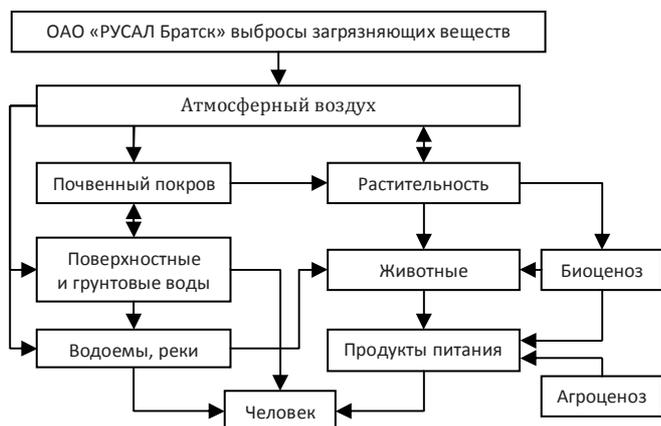


Рис. 1 Миграция загрязняющих веществ, поступающих с промплощадки Братского алюминиевого завода

Таблица 1
Экологические группы высших сосудистых растений в зоне БрАЗа

Экологические группы растений	0,5 км	1 км	3 км	4 км
Лесные	13	14	18	23
Таежные	0	0	7	9
Опушечные (луговые)	6	11	2	1
Пойменные	3	1	2	1
Рекреационные	6	4	6	5
Сорные	9	4	1	1
Искусственно посаженные	3	нет	нет	нет

Из таблицы 1 видно, как меняются количественные показатели высших сосудистых растений по основным экологическим группам. По мере удаления от БрАЗа увеличивается количество лесных и таежных видов в составе растительного покрова и уменьшается количество сорных и луговых видов.

В таблице 2 приведены данные о степени участия основных элементов живого напочвенного покрова леса в проективном покрытии почвы.

Таблица 2

Проективное покрытие почвы растительностью (%)

Удаленность от БрАЗа	0,5 км	1 км	3 км
Злаки	0-60	0-10	30
Разнотравье	5-60	10-15	10
Мхи	10-90	35-40	30-40
Осока дернистая	10-90	35-40	20-30
Кустарнички	0	0-5	10-15
Лишайники	нет	нет	нет

Растительный покров переходной зоны между техногенной лесостепью и пространством с лесной средой (4 км от БрАЗа) можно разделить на 3 группы:

- I. растительный покров представленный польняю, злаками и разнотравьем. Степень проективного покрытия до 60%;
- II. в фитоценозе появляются деревья, кустарники. Мхи покрывают почву до 90% и более;
- III. в фитоценозе преобладают деревья и кустарники. В живом напочвенном покрове преобладает разнотравье до 90%.

Наибольшего видового разнообразия насаждения достигают в радиусе более 10 км от источника загрязнения. Древостой в основном состоит из двух ярусов. Первый ярус — сосны и лиственницы в значительной степени ослабленные и сухостойные. Второй ярус состоит из типичных представителей лесорастительных условий. Их состояние вполне удовлетворительное, так, например, ель, высотой до 3-х метров, имеет хорошо сформированные кроны, без признаков угнетения. Сосна во втором ярусе сохраняет даже на центральном побеге хвою в возрасте четырех лет, чего не наблюдается ни на одной пробной площади, расположенной в санитарно-защитной зоне завода.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что вблизи завода в радиусе 1 км от источника загрязнения образовалась техногенная лесостепь, характерными признаками которой являются:

- отсутствие живого напочвенного покрова;
- низкое проективное покрытие живого напочвенного покрова;
- наличие кустистых форм древесных растений, высота которых не превышает одного метра.

Внешние признаки повреждения хвои варьируются в зависимости от удаленности насаждений от источника выбросов и рельефа местности, а также от высоты деревьев и их возраста.

Молодая хвоя в весенней фенофазе при определенных концентрациях выбросов может не получить полного развития и остается укороченной. Хвоя текущего года поражается сильнее в начальном периоде развития, когда биохимические процессы в ней проявляются наиболее интенсивно. В некоторых случаях происходит гибель хвои, в первую очередь всего верхушечного побега. Возраст сохраняемой хвои также зависит от ее местоположения в кроне дерева: на центральном побеге он не превышает 2-3 лет, на боковых ветвях сохраняется 3–4 года [2].

Сильная степень поражения лесов в районе г. Братска вызвана явлением синергизма, т.е. действием комплекса предприятий. Но помимо промышленных комплексов на леса оказывают отрицательное влияние такие антропогенные факторы, как:

- наличие внелесосечной захламленности;
 - наличие расстроенных недорубов от рубок главного пользования;
 - большая горимость лесов и, как следствие этого, наличие на территории лесхоза гарей;
 - загрязнение лесов, расположенных вблизи г. Братска и других населенных пунктов бытовыми отходами;
 - излишняя рекреационная нагрузка на лесные массивы в местах массового отдыха населения, вблизи городов и населенных пунктов.
- Помимо интенсивных лесозаготовок, на лесные ресурсы сильное негативное воздействие оказывают лесные пожары, нашествия вредителей, загрязнение воздуха в зоне влияния г. Братска и другие антропогенные факторы.

На жизнеспособность лесных биогеоценозов влияет ряд факторов, взаимодействие которых между собой изображено на (рис.2).

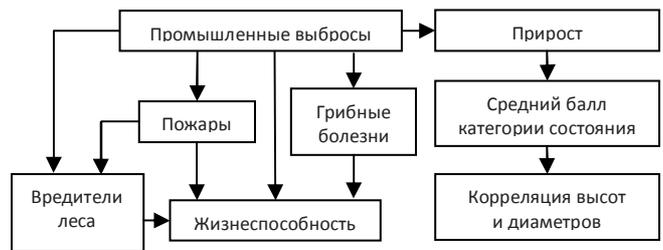


Рис. 2 Факторы, воздействующие на жизнеспособность древостоев и их взаимосвязь

Как видно из рис. 2 воздействие промышленных выбросов усугубляют грибные заболевания, пожары и вредители леса, которые в конечном результате влияют на жизнеспособность древостоя и такие его выходные параметры, как средний прирост по диаметру, средний балл категории состояния и вызывают нарушение корреляции между высотой и диаметром.

Факторы влияния	Площадь поврежденных молодых (га)	Процент от общей площади молодых
Промышленные выбросы	1838	24,9
Пожары	326,5	4,4
Грибные болезни	654	8,9
Вредители леса	469,3	6,4

Исходные данные для математической модели демонстрирующей влияние различных факторов влияния на степень жизнеспособности насаждений (таблица 3).

Получена следующая зависимость в относительных величинах:

$$y = 1 - 0,25a - 0,04b - 0,089c - 0,064d,$$

где y — жизнеспособность;

a — промвыбросы;

b — пожары;

c — грибные болезни;

d — вредители леса.

Общий суммарный показатель, описывающий зависимость в относительных величинах влияния различных факторов на степень жизнеустойчивости молодняков, равен 0,6.

На ход роста молодняков дополнительно влияют пожары, стволовые гнили, повреждения (механические, биологические), рекреационная нагрузка, вредители леса и т.д. Процентное соотношение факторов, оказывающих отрицательное влияние на состояние молодняков отражено в диаграмме, изображенной на рис. 3.



Рис. 3 Процентное соотношение дополнительных факторов, оказывающих отрицательное влияние на состояние молодняков

В связи с нарушением ассимиляционного аппарата происходят отклонения от нормы в фотосинтетической деятельности растений. Растения голодают, сбавляют темпы роста, снижают интенсивность плодоношения, способность противостоять отрицательным факторам среды, болезням и вредителям [3].

Вследствие воздействия промышленных выбросов у деревьев происходит снижение радиального и линейного приростов. До начала воздействия, которое приходится в основном на четвертый год после пуска завода средний прирост по диаметру деревьев составлял 1,24 мм в год. Затем произошло существенное падение прироста:

- в зоне сильного воздействия на 32,5%;
- в зоне среднего воздействия на 24,8%;
- в зоне слабого воздействия на 20,2%.

Промышленные дымы, содержащие фтор и его активные соединения, подавляют радиальный

прирост у деревьев. Наиболее характерно снижение приростов по диаметру в сосновых древостоях. Сильнее всего снижение прироста в зоне высокой загазованности проявляется у березы и сосны. Установлено, что у сосны и ели в первой зоне радиальный прирост в вершинной части подавлен сильнее, чем в комле; во второй зоне данное явление наблюдается только у сосны; в третьей зоне такие закономерности не проявляются ни у одной породы. Снижение интенсивности накопления древесины происходит на любом участке ствола, но в вершинной части этот процесс выражен сильнее [4]. Наиболее характерно снижение линейного прироста для молодых интенсивно растущих деревьев.

В зоне средней и слабой загазованности происходит незначительное снижение прироста (от 5 до 15%). Достоверные статистические данные о снижении прироста в зоне слабой концентрации газа отсутствуют. В возрасте спелости у хвойных пород высота ствола значительно меньше, чем у деревьев не подверженных воздействию промышленных выбросов. Спелые деревья в первой зоне ниже деревьев, расположенных вне зоны воздействия газов в среднем на 2-5 метра, и соответствуют IV-V классу бонитета.

Снижение прироста у угнетенных деревьев сосны проявилось более резко, чем у здоровых, в то время как у лиственницы угнетенной снижение прироста шло плавно, постепенно. Сухостойные деревья сосны и лиственницы первоначально, до воздействия выбросов, уже имели меньший радиальный прирост, т.е. были несколько угнетены, поэтому длительное воздействие загрязнителей привело к ослаблению деревьев, снижению радиального прироста и в конечном итоге, к гибели.

Воздействие фтор- и хлорсодержащих компонентов вызывает весьма значительное снижение радиального прироста. Так, здоровые деревья сосны снижают прирост на 28,2% по сравнению с периодом до начала воздействия промышленных выбросов, а здоровые деревья лиственницы на 15,7%. Наиболее резко реагируют на промышленные выбросы угнетенные и сухостойные деревья, у которых прирост снижается на 41,9–44,7%.

У сосны угнетенной ширина годичного слоя снижается, ее прирост составляет 58,7% от среднего радиального прироста здоровых деревьев. У сосны сухостойной средний прирост составляет 61,1% от прироста здоровых деревьев. Средняя ширина годичного слоя лиственницы здоровой 0,871 мм, что меньше ширины годичного слоя здоровой сосны на 31%. Лиственница угнетенная имеет прирост, равный 93,2% от прироста здоровой лиственницы. У лиственницы сухостойной радиальный прирост, в среднем, составляет 85,3% от прироста здоровых деревьев.

Деревья, как уже отмечалось, отреагировали на ввод в действие предприятий довольно быстро, на 4-5 год после ввода, о чем свидетельствует снижение годовых индексов в 60-е годы. В зоне необратимых изменений процессы угнетения радиального прироста выражены в большей степени, чем в

зоне видимых повреждений. В фоновых древостоях средний радиальный прирост на 20-30% выше, чем в зонах влияния, промышленных выбросов, при этом деревья сосны обыкновенной подвержены угнетению и ослаблению в большей степени, чем деревья лиственницы сибирской.

Анализ образцов древесины, взятых у хвойных пород на различной высоте ствола свидетельствуют, что в первой зоне у сосны и ели радиальный прирост в вершинной части подавлен значительно сильнее, чем в комле; во второй зоне данное явление наблюдается только у сосны; в третьей зоне такая закономерность не проявляется ни у одной породы. Таким образом, снижение интенсивности и накопления древесины, как и повреждения хвои, можно наблюдать на любом участке ствола, но в вершинной части этот процесс выражен сильнее.

На основании исследований можно сделать следующие выводы:

При длительном воздействии промышленного загрязнения происходит ускорение вторичных сукцессионных процессов в хвойных фитоценозах.

В радиусе до 1 км от алюминиевого завода сформировалась типичная техногенная лесостепь, которая характеризуется отсутствием древесной растительности, а также сильной деградацией живого напочвенного покрова.

В радиусе от 1 до 4 км появляется древесная растительность в виде кустарниковых форм с наличием множества боковых побегов, возникают первые признаки лесной травянистой растительности (мхи — проективное покрытие до 60%).

В радиусе свыше 10 км фитоценозы отличаются типичными признаками таежных лесов. Форма древостоя сложная: в первом ярусе располагаются ослабленные и сухостойные деревья сосны и лиственницы в возрасте более 100—120 лет; во втором ярусе представлены все лесообразующие породы в относительно удовлетворительном состоянии; живой напочвенный покров представлен многочисленными лесными видами.

Литература

1. Десслер, Х. Г. Влияние загрязнений воздуха на растительность. / Х. Г. Десслер. — М. : Лесная промышленность, 1982. — 182 с.
2. Дончева, А. В. Воздействие токсических газов на содержание пигментов в хвое сосны обыкновенной, окружающей среды и проблемы их мониторинга. / А. В. Дончева, М. Бонева // Междунар. научн. конф. "Влияние атмосферных загрязнений и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы" : тез. докл. — М., 1996. — Т. 1. — С. 56.
3. Михайлова, Т. А. Биохимическая индикация воздействия промышленных эмиссий на хвойные леса / Т. А. Михайлова // Анатомия, физиология и экология лесных растений. — Петрозаводск : Ин-т леса ; Карельск. филиал РАН, 1992. — С. 118 — 120.
4. Ярмишко, В. Т. Влияние атмосферного загрязнения на состояние лесных экосистем. / В. Т. Ярмишко // Междунар. научн. конф. "Влияние атмосферных загрязнений и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы" : тез. докл. — М., 1996. — Т. 1. — С. 65.