

**ЛЕСНОЕ ДЕЛО****В.Ю. Буренкова***Братский государственный университет***ИЗМЕНЕНИЕ ПОРОДНОГО И КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЛЕСНОГО ФОНДА ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ РУБОК УХОДА**

Рассмотрим необходимые и фактические объемы рубок ухода, влияние рубок на различные показатели лесного фонда. Данные по объемам промежуточного пользования сведены в таблице 1.

Таблица 1

Сведения о рубках промежуточного пользования, га

Группы насаждений	Виды рубок промежуточного пользования				
	Осветления и прочистки	Прорежи – вания	Проходные рубки	Обновления и перефор-мирования	Итого рубок ухода
1	2	3	4	5	6
Насаждения, нуждающиеся в рубках ухода, всего	26447,3	9096,0	1354,7	5138,6	42036,6
в том числе: - хвойные - лиственные	25398,0 1049,3	1690,0 7406,0	939,3 415,4	3436,4 1702,2	31463,7 10572,9
Ежегодный расчетный размер рубок ухода по лесоустройству	2644,7	606,3	67,8	256	3574,8
В том числе: - хвойные - лиственные	2539,7 105,0	112,6 493,7	47,0 20,8	171,0 85	2870,3 704,5
Фактический размер рубок ухода, всего	550	0	0	15,2	565,2

На основании этой таблицы можно построить диаграмму процентного соотношения нуждающихся в рубках ухода, запланирован-



ных и фактически выполняемых объемов работ, показанных на рисунке 1.

Из этого рисунка видно, что область насаждений, нуждающихся в рубке, практически занимает всю площадь, а объемы выполнения работ по рубкам ухода похожи на маленькую вершину огромного айсберга. В сущности, объемы, запроектированные лесоустройством, очень далеки от желаемых, хотя и недалеко от фактически выполняемых.

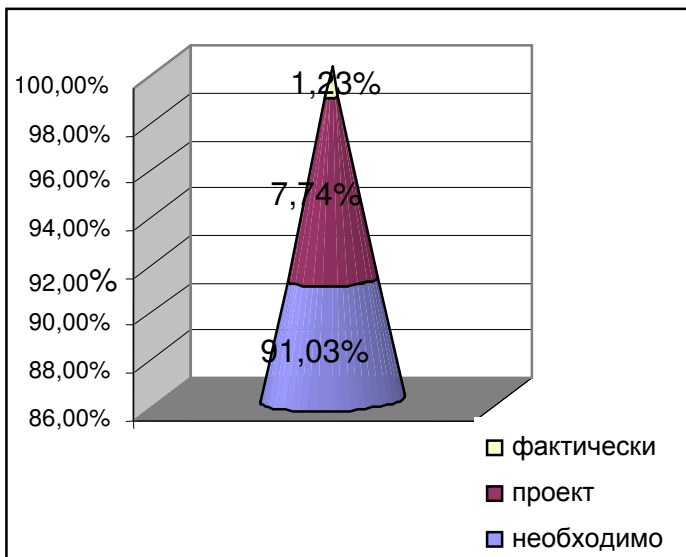


Рис.1. Процентное соотношение площадей, нуждающихся в рубках ухода

Далее мы проследим выполнение запроектированных работ по различным видам рубок ухода. Для этого мы построим гистограмму, по которой наглядно видно, как выполняются запроектированные мероприятия (рис.2).

Анализируя этот рисунок можно заметить, что рубки ухода в молодняках и прореживания проводятся в большем объеме, чем это было запроектировано, проходные рубки не проводятся вообще, а рубки обновления и переформирования запланированы не были, но проводятся в небольших размерах.

Основываясь на вышеизложенном, можно предположить, что большого влияния рубки ухода на состояние лесного фонда не оказы-



вали. Рассмотрим это на проведенных исследованиях за межучетный период, который составлял 7 лет (2001 – 2008гг.).

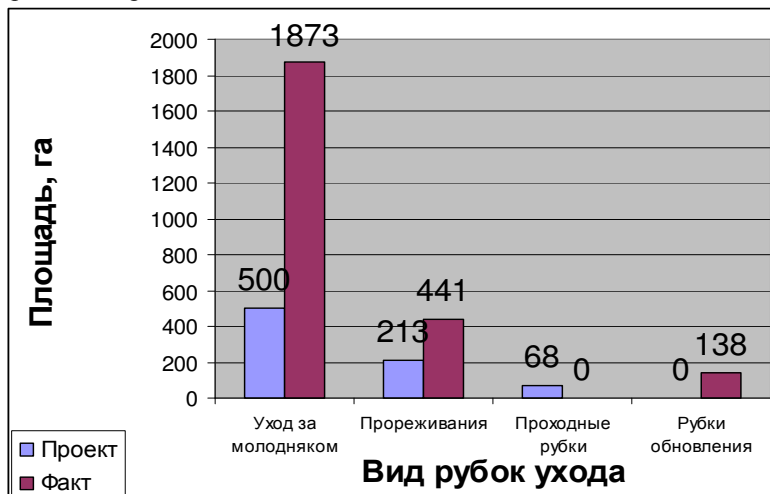


Рис.2. Гистограмма выполнения проектных показателей по видам рубок ухода

Таблица 2

Динамика соотношения хвойных и лиственных насаждений, тыс.м³

Показатели	На 1.01.2001 г.	На 1.01.2008 г.	Разница	
			+	-
1	2	3	4	5
Всего основных лесобразующих пород	33485,4	44412,6	10927,2	
Хвойные	25376,5	35678,5	10302,0	
Лиственные	8108,9	8734,1	625,2	

Видно, что рубки ухода оказали влияние на соотношение хвойных и лиственных за межучетный период.

Объем хвойных пород составляет 80,36%, а лиственных – 19,64%. Твердолиственные породы на территории Падунского лесхоза не произрастают. За межучетный период произошло уменьшение доли лиственных насаждений, и увеличение доли хвойных.

Данные по породному составу занесены в таблицу 3, на основании которой ниже будут построены круговые диаграммы по годам учета и отображено процентное соотношение различных пород, входящих в



состав лесного фонда Падунского лесхоза. Сосновые, еловые, лиственничные и пихтовые насаждения увеличили свою площадь по сравнению с 2001 г. Кедровые насаждения увеличили свой прирост, так как кедр очень ценная порода и в рубку не назначается. Из-за недостаточного проведения рубок обновления и перестройки, и санитарно-реконструктивных рубок, увеличились запасы березы и осины.

Таблица 3

Динамика породного состава, тыс.м³

Показатели	На 01.01.2001 г.	На 01.01.2008 г.	Разница	
			+	-
1	2	3	4	5
Всего, лесобразующих пород	33485,4	44412,6	10927,2	
Сосна	19401,2	26832,9	7431,7	
Ель, пихта	1806,7	2450,9	644,2	
Лиственница	4168,6	5537,6	1369,0	
Кедр	-	857,1	857,1	
Береза	4061,3	4564,5	503,2	
Осина	4047,6	4169,6	122,0	

Возрастная структура лесов Падунского лесхоза может наиболее полно показать, какое воздействие оказывают рубки ухода на лесной фонд. В хвойных насаждениях уменьшился запас молодняков и средневозрастных насаждений. Приспевающие, спелые и перестойные насаждения увеличились в объемах. Возрастную структуру будем прослеживать по таблице 4 и 5.

Таблица 4

Динамика возрастной структуры хвойных насаждений, тыс.м³

Показатели	На 1.01.2001 г.	На 1.01.2008 г.	Разница	
			+	-
Всего хвойные из них	25376,5	35678,5	10302,0	
Молодняки	4117,8	4477,6	359,8	
Средневозрастные	2670,5	3654,7	984,2	
Приспевающие	3215,5	4689,3	1473,8	
Спелые и перестойные	15372,7	22856,9	7484,2	



Таблица 5

Динамика возрастной структуры лиственных насаждений, тыс.м³

Показатели	На 1.01.2001 г.	На 1.01.2008 г.	Разница	
			+	-
Всего лиственные из них	8108,9	8734,1	625,2	
Молодняки	516,7	578,6	61,9	
Средневозрастные	2744,3	3014,0	269,7	
Приспевающие	727,4	835,2	107,8	
Спелые и перестойные	4120,5	4306,3	185,8	

В лиственных насаждениях увеличились объемы молодняков, средневозрастных, приспевающих насаждений, а объемы спелых и перестойных насаждений уменьшились.

Рубки ухода в молодняках и прореживания проводятся в большем объеме, чем это было запроектировано, проходные рубки не проводятся вообще, а рубки обновления и переформирования запланированы не были, но проводятся в небольших размерах.

Объем хвойных пород составляет 80,36%, а лиственных – 19,64%. Твердолиственные породы на территории Падунского лесхоза не произрастают.

Сосновые, еловые, лиственничные и пихтовые насаждения увеличили свою площадь по сравнению с 2001 г. Кедровые насаждения увеличили свой прирост, так как кедр очень ценная порода и в рубку не назначается. Из-за недостаточного проведения рубок обновления и переформирования, и санитарно-реконструктивных рубок, увеличились запасы березы и осины.

В хвойных насаждениях уменьшился запас молодняков и средневозрастных насаждений. Приспевающие, спелые и перестойные насаждения увеличились в объемах.

В лиственных насаждениях увеличились объемы молодняков, средневозрастных, приспевающих насаждений, а объемы спелых и перестойных насаждений уменьшились.

Увеличились объемы приспевающих насаждений, так как ранее бывшие молодняками с соответствующим уходом, были переведены в следующие группы возраста.

По диаграмме наглядно видно, что процент молодняков и приспевающих насаждений увеличился. Следовательно, появились дополнительные объемы для рубок ухода в хвойных древостоях.



ПРИНЦИПЫ ДОБРОВОЛЬНОЙ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ В СВЕТЕ РОССИЙСКОГО ЛЕСНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

В настоящее время на рынке стали появляться программы сертификации лесной продукции, определяющие устойчивое и экологически ответственное лесопользование. В России широкое распространение получила программа сертификации по системе Лесного попечительского совета (ЛПС, FSC).

Понятие «леса высокой природоохранной ценности» (ЛВПЦ) было предложено Лесным попечительским советом (ЛПС) в 1999 г. в ходе разработки системы добровольной лесной сертификации. В Стандартах добровольной лесной сертификации по системе ЛПС ЛВПЦ посвящён Принцип 9: «Сохранение лесов, имеющих высокую природоохранную ценность».

К ЛВПЦ относятся леса, где ценность запасенного в них древесного сырья оказывается второстепенной по сравнению с их значимостью для сохранения биоразнообразия, поддержания экологического равновесия и обеспечения потребностей местного населения. ЛВПЦ бывают разных типов, и в реальности к ним относятся довольно разные леса – разные по составу, площади, значимости, экономической ценности, методологии выделения, степени изученности и необходимым усилиям для сохранения, а также по степени защищённости таких лесов российским законодательством. Концепция ЛВПЦ, предложенная ЛПС, придает гораздо большее значение сохранению биологического разнообразия и некоторых социальных функций леса, чем российское лесное законодательство.

Таблица 1

Классификация типов ЛВПЦ

Тип ЛВПЦ	Характеристика типов ЛВПЦ
1	2
ЛВПЦ 1:	Лесные территории, где представлено высокое биоразнообразие, значимое на мировом, региональном и национальном уровнях
ЛВПЦ 1.1	Особо охраняемые природные территории (ООПТ)
ЛВПЦ 1.2	Места концентрации редких и находящихся под угрозой исчезновения видов
ЛВПЦ 1.3	Места концентрации эндемических видов
ЛВПЦ 1.4	Ключевые сезонные места обитания животных



1	2
ЛВПЦ 2	Крупные лесные ландшафты, значимые на мировом, региональном и национальном уровнях
ЛВПЦ 3	Лесные территории, которые включают редкие или находящиеся под угрозой исчезновения экосистемы
ЛВПЦ 4:	Лесные территории, выполняющие особые защитные функции
ЛВПЦ 4.1	Леса, имеющие особое водоохранное значение.
ЛВПЦ 4.2	Леса, имеющие особое противозрозионное значение
ЛВПЦ 4.3	Леса, имеющие особое противопожарное значение
ЛВПЦ 5	Лесные территории, необходимые для обеспечения существования местного населения
ЛВПЦ 6	Лесные территории, необходимые для сохранения самобытных культурных традиций местного населения.

Понятию ЛВПЦ в России полностью или частично соответствуют различные правовые категории, предусмотренные российским законодательством. Значительное количество параллелей наблюдается между ЛВПЦ и лесами первой группы, между ЛВПЦ и ОЗУ, между ЛВПЦ и особо охраняемыми природными территориями. Россия давно обладает развитой системой природоохранных нормативов, поэтому часть лесов, относимых к ЛВПЦ, оказывается уже защищённой российским законодательством.

Однако значительная часть лесов, имеющих высокую природоохранную ценность, оказывается вне этой системы, или защищено ею недостаточно. Поэтому при сертификации необходимо приложить специальные усилия к тому, чтобы сохранить все леса высокой природоохранной ценности – либо доказать, что таковые на территории лесохозяйственного предприятия отсутствуют.

В России все леса по их назначению разделены на защитные и эксплуатационные леса. Большинство защитных лесов могут быть отнесены к ЛВПЦ, за исключением малонарушенных (девственных), в отношении которых требуется разработать специальные режимы ведения лесного хозяйства и ограничения по способам рубок, направленным на сохранение биоразнообразия и имитацию естественной динамики лесов в процессе и после рубок.

Наиболее надежно ЛВПЦ сохраняются в особо охраняемых природных территориях (заповедниках, Национальных парках, заказниках федерального и регионального значения). Однако если в заповедниках запрещена всякая хозяйственная деятельность, нарушающая целостность природных экосистем, то в Национальных парках и заказниках,



как правило, разрешена лесохозяйственная деятельность, в том числе рубки промежуточного пользования и санитарные рубки. Кроме того, особо охраняемые природные территории не могут быть переданы в аренду.

Почти отсутствуют примеры выделения 5-й и 6-й категорий ЛВПЦ, а именно лесных территорий особо важных для удовлетворения основных потребностей местного населения (например, охота, рыболовство, сбор грибов и ягод, других недревесных продуктов), места экологического, культурного, религиозного значения, определенные при участии местного населения.

В результате качество выделения ЛВПЦ при сертификации варьирует в очень широких пределах – от простого узаконивания существующих ограничений лесопользования в природоохранных лесах (ООПТ, ОЗУ, категории защитности) до длительной полноценной работы с материалами и заинтересованными сторонами.

Пока не существует единых критериев для выделения ЛВПЦ 1 национального и регионального уровней. Собранных воедино картографических материалов, показывающих расположение таких территорий, нет. Решение должно приниматься в каждом конкретном случае на основании ширококомасштабных консультаций.

Законодательной основой для определения ЛВПЦ 1 являются: Национальная и региональные Красные книги и списки редких видов, утвержденные Постановлениями региональных органов власти; Приказ ФСЛХ от 30 декабря 1993 г. «Об утверждении основных положений по выделению особо защитных участков леса», который предусматривает выделение специальных ОЗУ (ОЗУЛ) для сохранения мест обитания редких видов; Федеральный закон «О животном мире» (ст. 22).

ЛВПЦ 2 интерпретируются как крупные природные ландшафты, в минимальной степени нарушенные хозяйственной деятельностью человека. В настоящий момент представлениям об ЛВПЦ 2 национального уровня наиболее полно отвечают малонарушенные лесные территории. Под малонарушенными лесными территориями понимаются целостные природные территории в пределах лесной зоны площадью более 50 тыс.га, не имеющие внутри постоянных поселений, действующих транспортных коммуникаций и не затронутые современной интенсивной хозяйственной деятельностью. Приоритетность сохранения малонарушенных территорий закреплена в Законе РФ «Об охране окружающей среды», ст.3: «Хозяйственная и иная деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государ-



ственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться на основе следующих принципов: приоритет сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов». Ст.4: «В первоочередном порядке охране подлежат естественные экологические системы, природные ландшафты и природные комплексы, не подвергшиеся антропогенному воздействию».

Законодательной основой для определения ЛВПЦ 3 является уже упоминавшийся Закон РФ «Об охране окружающей среды», ст.3: «Особой охране подлежат редкие или находящиеся под угрозой исчезновения почвы, леса и иная растительность, животные и другие организмы и места их обитания».

В состав лесов, выполняющих особые защитные функции (ЛВПЦ 4), могут попадать различные категории защитности лесов первой группы и особо защитные участки леса, выделяемые в лесах всех групп, а также участки леса, которые по своим свойствам отвечают критериям таких лесов, но не были выделены в качестве таковых.

Категории защитности лесов первой группы перечислены в ст.56 Лесного кодекса РФ «Леса первой группы».

Параметры особо защитных участков леса и порядок их выделения утверждены уже упомянутым Приказом ФСЛХ России от 30 декабря 1993 г. В некоторых регионах эти параметры уточнены, в том числе для лесов, которые могут быть отнесены к ЛВПЦ 4.

Следует также упомянуть Постановление Правительства Российской Федерации от 23.11.96 №1404 «Об утверждении Положения о водоохранных зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах» и принятые на его основе Постановления органов исполнительной власти, касающиеся утверждения перечней водных объектов, по которым выделяются водоохранные зоны.

Под категорию ЛВПЦ 5 и ЛВПЦ 6 - лесные территории, необходимые для обеспечения существования местного населения и необходимые для сохранения самобытных культурных традиций местного населения, попадают довольно разные объекты. Среди объектов, важных для коренных народов или этнических групп, могут быть священные места (рощи, культовые объекты, старые захоронения и т.д.). Для населения городов и посёлков большое значение с точки зрения рекреации имеют, например, близлежащие зелёные зоны. Для местного населения важны территории, где традиционно осуществляется сбор ягод, грибов или ведётся охота или рыбная ловля. В состав таких тер-



риторий могут попадать различные категории защитности лесов первой группы и ОЗУЛ, а также другие лесные участки, которые по своим свойствам отвечают критериям таких лесов, но не были выделены в качестве таковых. Полное выявление и сохранение таких объектов возможно только в тесном контакте с местным населением и общинами коренных народов и при учете его пожеланий.

Ст.56 Лесного кодекса - например, леса зеленых зон поселений и хозяйственных объектов, второй и третьей зон округов санитарной (горно-санитарной) охраны курортов, орехово-промысловые зоны и др., ОЗУЛ (например, участки леса вокруг сельских населенных пунктов (припоселковые и запольные леса) и садовые товарищества.

Библиографический список

1. Аксёнов Д. Е., Дубинин М. Ю., Карпачевский М. Л., Ликсакова Н. С., Скворцов В. Э., Смирнов Д. Ю., Яницкая Т. О. Выделение лесов высокой природоохранной ценности в Приморском крае. Категории, важные для сохранения растительного покрова. М.: Изд-во МСоЭС, 2006. - 184 с.
2. Дженнингс С., Нуссбаум Р., Джадд Н., Эванс Т. Леса высокой природоохранной ценности: Практическое руководство. М., 2005. – 184 с.
3. Ключевые орнитологические территории России. Том 1. Ключевые орнитологические территории международного значения в Европейской России / Сост. Т. В. Свиридова, под ред. Т. В. Свиридовой и В. А. Зубакина. М. Союз охраны птиц России. 200. - 702 с.
4. Соболев Н. А., Руссо Б. Ю. Стартовые позиции экологической сети Северной Евразии: рабочая гипотеза // Охрана живой природы. Вып. 1 (9). Н. Новгород, 1998. С. 22-31.
5. Aksenov D., Dobrynin D., Dubinin M. et al. Atlas of Russia's Intact Forest Landscapes. Moscow: International Socio-Ecological Union; Washington DC: World Resources Institute, 2002. - 186 с.

С.А. Мельник, Н.М. Дебков

Томский государственный университет (Биологический институт)

ОСОБЕННОСТИ ТАКСАЦИИ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЮЖНОЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Начиная со второй половины XIX века в нашей стране развернулись крупномасштабные лесокультурные работы. За этот период в Томской области было заложено 317,5 тыс. га культур, из них сосновых 239,1 тыс.га [1]. В результате на сегодняшний день имеются значительные площади молодняков и средневозрастных насаждений, которые нуждаются в проведении рубок ухода. Поэтому в целях лесохо-



зяйственного планирования и лесостроительного проектирования необходимо знать запас и товарность искусственных насаждений.

В широкой лесохозяйственной практике запас и товарную структуру насаждений принято определять по объемным и сортиментным таблицам. Действующие объемные и сортиментные таблицы для древостоев Западной и Восточной Сибири составлены по данным строения естественных насаждений. В то же время многочисленные исследования строения культур [2,3] показывают, что оно отличается от строения естественных насаждений. В этом случае возникает вопрос о точности таксации искусственных насаждений по таблицам для естественных насаждений.

Косвенным доказательством актуальности и важности затронутой проблемы являются данные о ежегодно проводимых рубках ухода в лесах г. Томска. Именно по этим материалам впервые были выявлены ошибки при таксации культур действующими таблицами для древостоев Западной и Восточной Сибири.

Цель исследования заключалась в выявлении пригодности действующих объемных и сортиментных таблиц для древостоев Западной и Восточной Сибири [4] при таксации лесных культур сосны обыкновенной.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. определение запаса и товарной структуры сосновых культур по модельным и учетным деревьям;
2. сравнительный анализ таксации запаса и товарной структуры культур сосны по объемным и сортиментным таблицам, с одной стороны, и по модельным и учетным деревьям, с другой;

Объектом исследования послужили чистые сомкнутые сосновые культуры пригородных лесов г.Томска. Исходя из распределения культур сосны по классам возраста (табл. 1), временные пробные площади (ВПП) были заложены в культурах II (35 лет) и III (53 года) классов возраста.

Таблица 1

Площади лесных культур сосны по возрастам

Классы возраста	I класс	II класс	III класс	IV класс
Площадь, га	5	85,6	464,8	3,3
Доля, %	0,8	15,30	83,30	0,6

Отвод, таксация и обработка данных, полученных при закладке ВПП производились общеизвестными способами в соответствии с тре-



бованиями ГОСТ 16128-70 «Пробные площади лесостроительные» и действующей лесостроительной инструкции [5]. Следует отметить, что перечислительная таксация была произведена в абсолютных значениях с точностью до 1 мм. Это позволило посмотреть распределение деревьев внутри 2-х и 4-х сантиметровых ступеней толщины.

Для определения запаса и товарной структуры на ВПП по ступеням толщины (1-3 дерева на каждую ступень толщины) и методом систематического отбора (в 35-летних культурах – каждое 20-е, а в 53-летних – 25-е дерево) спиливали модельные и учетные деревья. Затем каждое дерево подвергалось анализу по общепринятой в лесной таксации методике.

Также было обмерено 1063 ствола сосны, которые были вырублены при проведении рубок ухода в 53-летних культурах. Проведя промышленную раскряжевку хлыстов, определили объем, товарную и сортиментную структуру заготовленной древесины.

Всего было заложено 8 ВПП, в том числе по одной пробе на изучение запаса и товарной структуры в 35-летних и 53-летних культурах. Все ВПП имели прямоугольную форму, близкие полноты, однородный древостой, одинаковые почвенно-грунтовые условия. Пробные площади закладывались в сосняке разнотравном. Исследованные культуры произрастают на серых лесных почвах, развивающихся на легком суглинке, подстилающим песком рыхлым.

В лесной таксации принято объем, найденный по модельным и учетным деревьям, взятым в достаточном количестве, считать истинным. Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что точность определения запаса и товарности по модельным и учетным деревьям различается незначительно и находится в пределах 1-2%. Поэтому при сравнении используются данные по учетным деревьям, которые лишены субъективности в отборе.

Проведенные исследования показали, что определение объема и товарной структуры с использованием существующих таблиц приводит к систематическим ошибкам. Сведения о запасе и товарной структуре представлены в таблицах 2, 3. Известно, что на процент выхода деловой древесины определенное влияние оказывает принятая длина основных деловых сортиментов [6]. По нашим материалам наибольший выход деловой получился при раскряжке на 4-метровые сортименты, которые и приняты в качестве основных.

Объемные таблицы завывают запас на 8,9% в 35-летних и на 3,8% - в 53-летних культурах.



Таксация с использованием сортиментных таблиц в насаждениях возрастом 35 лет дает преувеличение по средней древесине – на 6,44%, и, преуменьшение по мелкой – на 6,18%. Аналогичная тенденция наблюдается и в распределении дров и отходов – сортиментные таблицы преувеличивают на 5,16% объем отходов, преуменьшая объем дров на 5,43%.

Таблица 2
Запас и товарная структура 35-летних сосновых культур
(в числителе – объем, м³; в знаменатели – доля, %)

Товарная структура	Способ товаризации		
	По учетным деревьям	По модельным деревьям	По сортиментным таблицам
Крупная	0,06/0,02	0,06/0,02	0,12/0,03
Средняя	71,47/20,13	69,76/20,24	102,82/26,57
Мелкая	209,00/58,85	203,12/58,93	203,82/52,67
Итого деловой	280,53/79,00	272,94/79,19	306,76/79,27
Дрова	44,00/12,39	40,00/11,61	26,94/6,96
Отходы	30,59/8,61	31,70/9,20	53,29/13,77
ВСЕГО	355,12/100	344,65/100	386,99/100

По нашим данным в 53-летних культурах сортиментные таблицы преуменьшают объем крупной и мелкой древесины соответственно на 4,79% и 1,36%, тем самым снижая выход деловой на 5,80% и увеличивая величину отходов на 5,37%.

Обозначенная закономерность в систематическом завышении запаса, а также в перераспределении деловой древесины по категориям крупности, при использовании объемных и сортиментных таблиц, подтверждается и данными рубок ухода (не приводятся из-за ограниченного объема статьи).

Предположительно это связано с особенностями строения исследованных культур, а именно в распределении деревьев внутри 4-сантиметровых ступеней толщины.

Проведенное исследование показало, что используемые в настоящее время для таксации сосновых насаждений объемные и сортиментные таблицы для древостоев Западной и Восточной Сибири, составленные для естественных сосновых насаждений, при таксации культур сосны обыкновенной дают систематические ошибки, как в определении общего запаса, так и в товарной структуре.



Таблица 3

Запас и товарная структура 53-летних сосновых культур
(в числителе – объем, м³; в знаменатели – доля, %)

Товарная структура	Способ товаризации		
	По учетным деревьям	По модельным деревьям	По сортиментным таблицам
Крупная	76,14/14,08	92,48/16,59	52,12/9,29
Средняя	308,58/57,07	314,94/56,51	322,28/57,42
Мелкая	97,96/18,12	92,80/16,66	94,14/16,76
Итого деловой	482,68/89,27	500,22/89,76	468,54/83,47
Дрова	23,80/4,41	26,20/4,71	27,16/4,84
Отходы	34,20/6,32	30,84/5,53	65,60/11,69
ВСЕГО	540,70/100	557,30/100	561,30/100

Результаты наших исследований показывают, что для таксации искусственных насаждений сосны обыкновенной южной подзоны тайги Томской области необходимо разработать соответствующие таблицы. Для этого нужно провести более масштабные и детальные изыскания.

Библиографический список

1. Паневин В.С. Эффективность лесовосстановления в Томской области. // Научно-исследовательские работы за 1981-1985 гг. - М., 1986. - с.54-58.
2. Мирошников В.С. Особенности роста и строения сосновых культур. // Лесоведение и лесное хозяйство. - 1971. - Вып.4 - с.127-134.
3. Волков С.В. Рост и продуктивность культур и естественных сосновых древостоев в Усманском бору. // Лесоустройство и лесная таксация. - Красноярск, 1980. - с.50-54.
4. Сортиментные и товарные таблицы для древостоев Западной и Восточной Сибири. - Новосибирск, 2005 — 176 с.
5. ГОСТ 16128-70. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. - М., 1970. - 25 с.
6. Багинский В.Ф. Динамика товарности сосновых молодняков искусственного происхождения // Лесохозяйственная наука и практика. - 1974. - Вып.23. - с.194-199.
7. Тихомиров Б.И. Вопросы лесной таксации. // Лесное хозяйство. - 1949. - №9. - с. 65-66.
8. Давидов М.В. Нужна проверка объемных и сортиментных таблиц // Лесное хозяйство. - 1969. — №12. - с.34-38.



Братский государственный университет

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

Наша страна обладает огромными лесными ресурсами. Обилие лесов закрепило распространенное мнение людей, что на наш век хватит, а так как лес является возобновимым ресурсом, то волноваться особо не о чем. Однако уже сегодня изобилие наших лесных ресурсов давно уже стало иллюзией. Слишком долго мы были уверены, что они безграничны, и шли преимущественно по пути экстенсивного развития лесного хозяйства.

В настоящее время продолжается сокращение площади лесов. Если ситуация не изменится, то естественные, девственные леса во многих регионах России попросту исчезнут. Поэтому вопросы обеспечения рационального использования лесосечного фонда, непрерывного естественного лесовосстановления вырубленных площадей хозяйственно ценными древесными породами заслуживают особого внимания и подробного изучения.

По Лесному кодексу РФ, действующему с января 2007 года, главный способ использования лесов - это сдача в аренду лесных площадей частным компаниям, их деятельность - рубки и переработка древесины. Согласно Статье 83 Лесного кодекса лесопользователи обязаны осуществлять лесовосстановительные мероприятия в сроки и на условиях, которые указаны в договоре аренды участка лесного фонда.

Восстановление леса рассматривают как сложный и длительный процесс, зависящий от совокупности множества природных и антропогенных факторов. Из применяемых в настоящее время способов лесовосстановления преобладающими являются меры содействия естественному возобновлению леса.

К важнейшим экологическим и биологическим фактором можно отнести: солнечную радиацию; низкую температуру воздуха, которая определяет прогрев почвы и интенсивность транспирации; метеорологические условия текущего года; количество тепла, получаемое растением.

На формирование лесных экосистем влияют природные (пожары природного происхождения, изменение климата, повреждение лесных культур дикими животными и др.) и антропогенные факторы (рубка



леса, корчевка, возделывание земель, пожары, возникшие по вине человека, и прочее).

Тщательная подготовка почвы – основа успешного и стабильного лесовосстановления. Правильно проведенная подготовка почвы обеспечивает более высокую температуру воздуха и почвы, лучший доступ солнечного света и питательных веществ, а также помогает поддерживать водный баланс в почве.

Выбор способов обработки почвы обусловлен зональными почвенно-климатическими условиями, водным и температурным режимом почв, а также биологическими особенностями выращиваемых растений. Качество обработки почвы зависит от физико-механических, водных свойств и удельного сопротивления почвы, степени захламления вырубок, количества, высоты и размещения пней и др. факторов, определяющих работоспособность почвообрабатывающих орудий.

Для содействия предварительному (под пологом леса) и последующему (на вырубках) естественному возобновлению леса на лесокультурной площади обработку почвы проводят путём минерализации её поверхности: удалением или перемешиванием лесной подстилки и живого напочвенного покрова с верхними минеральными слоями почвы

Изучение биологических, экологических и почвенных факторов на процесс лесовосстановления, а также внедрение мероприятий по содействию естественному возобновлению лесов на нынешнем этапе приобретают особую актуальность. И поэтому целью научного исследования является выбор биологических и почвенных факторов на технологию лесовосстановительных работ.

А.В. Огородников

Братский государственный университет

ВЛИЯНИЕ ГОРЮЧИХ ЛЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

По условиям горения горючие материалы разделяются на две основные группы:

- легковоспламеняющиеся и быстрогорящие материалы: сухая трава, отмершие листья, хвоя, мелкие ветки, сучья, некоторые кустарники, самосев и др. Эти горючие материалы обеспечивают быстрое распространение огня и служат воспламенителями для медленно-воспламеняющихся материалов.



-медленно-воспламеняющиеся лесные горючие материалы: валяжник, пни, нижние слои лесной подстилки, кустарники и деревья. Эта группа горючих материалов при горении выделяет большое количество тепла и способствует развитию пожара.

Вид горючих материалов, их количество, состояние и распределение имеют большое значение в распространении лесных пожаров. Так, от пожарной «зрелости» материалов, их количества зависят скорость и интенсивность горения. Особую опасность представляет запас мертвых горючих материалов, количество которого в зависимости от древесной породы, возраста и типа насаждения составляет в среднем от 8 до 59т/га. Немаловажную роль в распространении огня играет равномерность и непрерывность распределения горючих материалов.

Характер распространения лесного пожара зависит от состояния лесных горючих материалов, их структуры, количества и размещения. Пожар замедляет свое распространение или вовсе останавливается, встретив на своем пути горючие материалы, содержащие много влаги. Так, весной, когда под пологом леса еще очень влажно, огонь идет только по открытым местам и в лес не заходит.

Из-за изменения влажности лесных горючих материалов в зависимости от времени суток изменяется скорость распространения пожаров и их интенсивность. Во второй половине дня пожары распространяются в несколько раз быстрее, чем ночью или ранним утром, когда понижается температура и повышается влажность воздуха, выпадает роса. Наиболее благоприятные условия возникновения и распространения пожаров бывают в период от 12 до 16 ч, наименее благоприятные с 3 до 7 ч.

Пожар быстрее распространяется в рыхлом слое горючих материалов, к которым свободен доступ воздуха. И, наоборот, в плотном слое горючих материалов горение распространяется медленно.

Характер пожара зависит также и от расположения горючих материалов и состава древостоев.

Под пологом хвойно-широколиственных лесов формируется типичный для них специфичный листопадный тип лесных горючих материалов, т.е. основными объектами горения здесь являются опад листвы с деревьев и кустарников и сформировавшаяся из него муллевая лесная подстилка. Особенности лесных горючих материалов в сочетании с климатическим режимом обуславливают свойственную этим лесам природу лесных пожаров и динамику горимости лесов, тесно сопряженную с отдельными периодами пожароопасного сезона. Весна и осень в южной зоне обычно засушливые, что и беглые пожары (их



доля составляет до 80% от общего числа), так и верховые (10-11%), и торфяные (1-2%). Верховые пожары могут распространяться со скоростью от 4 до 300м/мин, а торфяные - от 0,015 до 0,5м/час. Предопределяет наличие двух характерных для нее четко выраженных максимумов: весеннего и осеннего. Для этих периодов свойственна массовая вспышка беглых низовых пожаров, которые не оказывают существенного влияния на состояние и развитие лесных экосистем. В зависимости от погодных условий, вида и запаса горючих материалов (опад листьев) они распространяются со скоростью 0,3-15м/мин по опад листьев, а по усохшему травостою - 0,5-250м/мин.

В летний же период условия для возникновения и распространения пожаров в зоне хвойно-широколиственных лесов менее благоприятны, чем весной и осенью. На этот период приходится максимум осадков и опад листьев значительно уплотняется и разлагается. Поэтому летом здесь возникают устойчивые низовые пожары (подстильно-гумусовые) и преимущественно в засушливое время. Скорость их распространения составляет от 0,1-4м/мин.

В елово-пихтовых, лиственничных, осиново-березовых и частично хвойно-широколиственных лесах более разнообразный видовой состав лесных горючих материалов, состоящих в основном из травяно-кустарничковой растительности, зеленых мхов, сфагнума, хвои в кронах и хорошо развитых лесных подстилок. Поэтому здесь возникают как низовые устойчивые пожары, так низовые беглые, при этом последние могут действовать под снегом всю зиму. Весной по мере схода снега и подъема уровня грунтовых вод они самоликвидируются. Верховые пожары оказывают большое, разнообразное и долговременное негативное влияние на древесный ярус, особенно на елово-пихтовые насаждения, почво- и лесообразовательные процессы, а также на смену хвойных пород мягколиственными. В этой зоне четко выражены весенний и летний пожароопасные периоды.

В лесах, где произрастает лиственница и кедровый стланик, в напочвенном покрове преобладают кустистые лишайники и кустарнички, на не покрытых лесом участках - травянистая растительность. В ней возникают преимущественно устойчивые и беглые низовые пожары, и наблюдается один непрерывный летний пожароопасный сезон.

Злаково-разнотравная растительность и ее опад (ветошь), опад листьев с деревьев и кустарников, зеленые мхи, сфагнум и его очес (торф), кустарнички и кустистые лишайники, лесные подстилки и хвоя в кронах. Именно эти виды горючих материалов в сочетании с погодными условиями и определяют степень пожарной опасности лесов,



виды лесных пожаров, скорость их распространения и интенсивность, а, следовательно, технику, тактику и трудность тушения, уровень горимости лесов и пожарные последствия.

Е.А.Сорокина

Братский государственный университет

УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ В РАЙОНАХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В условиях густонаселенной территории России, где хорошо развита промышленность, антропогенное влияние на растительность стало мощным экологическим фактором, негативно сказывающимся на скорости протекания биохимических реакций, габитуальных параметрах и устойчивости древесных растений. При хроническом воздействии поллютантов значительно изменяются все элементы биогеоценоза (БГЦ), нарушается функционирование и гомеостаз лесных экосистем, снижаются биоразнообразие, продуктивность и устойчивость лесонасаждений, что ведет к значительному прямому и косвенному ущербу лесному хозяйству страны.

Сокращение территорий лесных экосистем, включение в них чужеродных элементов обусловило появление концепции устойчивого управления лесами России. Мониторинг окружающей среды включен в перечень первоочередных задач и технологий РФ.

Поскольку продуценты являются основой устойчивого круговорота веществ и определяют параметры экосистем, то состояние среды целесообразно определять по реакциям на загрязнение именно со стороны продуцентов.

Растительность, испытывающая стресс от загрязнений, становится более чувствительной к повреждению насекомыми и поражению болезнями. Эффект от воздействия загрязнений воздуха на растения является беспороговым процессом и не связан линейно с его уровнем. Увеличение дозы загрязнителя или экспозиции, превышая предел устойчивости, ведет к значительному падению прироста или гибели.

Промышленные загрязнения, снижая биоразнообразие, уменьшают потенциальную возможность поддержания устойчивости лесных экосистем. Ситуацию в загрязняемых лесах целесообразно контролировать методами фитоиндикации в системе лесопатологического мониторинга, дающей возможность многоуровневого и комплексного слежения за лесной средой. Управляющие оперативные решения должны быть основаны на анализе и прогнозных оценках ее развития.



В зависимости от характера воздействия аэрополлютантов возможны разные виды управления состоянием насаждений:

- 1) составом, объемами и условиями выхода загрязнений из источника;
- 2) состоянием атмосферы;
- 3) концентрацией загрязнений в компонентах экотопа БГЦ;
- 4) биоценозом (БЦ).

Управление состоянием насаждений в техногенных лесах со стороны лесохозяйственных органов сводится к регулированию концентрации загрязнений в приземных слоях воздуха путем изменения пространственной структуры насаждений (формирование ветроударных опушек и древостоев с определенной сомкнутостью крон) и управлению биоценозом через частичную замену малоустойчивых пород, изменение режима ведения хозяйства и адаптации существующих насаждений к промышленному воздействию.

Основными методами повышения устойчивости лесных БГЦ в условиях загрязнения среды должны быть профилактические мероприятия - формирование насаждений определенной структуры, состава и сомкнутости, дифференцированные в зависимости от количественных параметров загрязнения и текущего состояния древостоев.

При сильном воздействии, существенных изменениях лесной среды, значительном ослаблении древостоев, снижении их прироста на 50 % и более, превышении текущего отпада над естественным текущим в 2-4 раза, увеличении среднего диаметра отпада от среднего диаметра насаждения должны решаться две основные задачи:

- 1) поддержание устойчивости и долговечности насаждений;
- 2) сокращение до минимума возможных потерь древесного запаса и других продуктов.

Данные цели достигаются сохранением высокой сомкнутости древесного полога, подбором и смешением устойчивых и продуктивных пород (лиственница, тополя), сведением к минимуму главного пользования с применением только несплошных рубок, содействием естественному возобновлению и влиянием на подлесок, сохранением и созданием опушек из устойчивых пород, поддержанием полноты в средневозрастных и приспевающих хвойных насаждениях не ниже 0,7.

Цель лесовосстановления - создание газоустойчивых насаждений, способных поглощать и нейтрализовывать загрязнения. Лесные культуры должны быть смешанными, с участием хвойных не более 70 %. Учитывая устойчивость молодняков к поллютантам, необходимо поддерживать в них высокую сомкнутость крон, уход направлять на сти-



мулирование быстрорастущих экземпляров с мощной кроной и большим запасом хвои.

Для стабилизации состояния поврежденных насаждений и направления токов загрязненного воздуха в надкронный горизонт целесообразно создавать защитные ступенчатые опушки плотной структуры с использованием желтой акации, робинии, березы повислой, рябины обыкновенной, которые быстро растут, образуют плотную крону и устойчивы к поллютантам.

Ввиду высокого хозяйственного значения насекомых-ксилофагов, в данной зоне необходимо более часто проводить санитарно-защитные мероприятия для снижения численности весенней феногруппы вредителей.

Отрицательное влияние нарушения круговорота веществ и ослабления БЦ может быть снижено при улучшении минерального питания внесением полных минеральных удобрений с микроэлементами.

Рубки ухода должны быть направлены на обеспечение хорошего роста хвойных пород и поддержание высокой сомкнутости крон. В наиболее ослабленных насаждениях необходимо проводить качественный лесопатологический надзор и мероприятия по сокращению кормовой базы и численности ксилофагов. Значимость лесозащитных мероприятий в зоне особенно возрастает в действующих очагах корневых и стволовых гнилей, раковых заболеваний.

При слабом воздействии поллютантов должен быть усилен режим защиты леса от вредителей и болезней. Необходимы периодическая техническая учеба персонала лесной охраны, организация лесопатологического мониторинга и проведение лесозащитных мероприятий, направленных на контроль численности стволовых вредителей леса, локализацию очагов корневых гнилей и некрозно-раковых заболеваний.

Библиографический список

1. Жидков, А.Н. Диагностика состояния насаждений хвойных пород [Текст]/ А.Н. Жидков // Лесн. хоз-во. - 2000. - № 4. - С. 20-22.
2. Николаевский, В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации [Текст]/ В.С. Николаевский. - М., 1998.- 192 с.
3. Пастернак, П.С. Влияние промышленных загрязнений атмосферы на лесные экосистемы и повышение их устойчивости [Текст]/ П.С. Пастернак [и др.]. - М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1985. - 33 с.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ КАК ТЕСТ – СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ Г.БРАТСКА

Город Братск относится к крупным промышленным узлам Восточной Сибири. Уровень загрязнения атмосферы в городе очень высокий, что относит его к числу наиболее загрязненных городов в России. Угрозе техногенных катастроф сопутствует постоянное интенсивное загрязнение атмосферы города, воды и почвы выбросами и сбросами промышленных предприятий. Наличие вредных веществ в воздухе оказывает негативное антропогенное воздействие на природную среду и, прежде всего на лесные массивы в районе Братска.

Для общей оценки состояния окружающей среды г.Братска была проведена биоиндикация лесных массивов. Биоиндикация экологического состояния природных комплексов является одним из наиболее перспективных методов изучения влияния различного рода загрязнений на живые организмы.

Принцип метода биоиндикации, определяющий флуктуирующую асимметрию древесных растений как тест – система оценки качества среды, основан на выявлении нарушений симметрии развития листовой пластины древесных растений под действием антропогенных факторов. Выборку листьев древесных растений необходимо делать с нескольких близко растущих деревьев на площади (10×10)м или на аллее длиной 30-40м. Используются только средневозрастные растения, исключая молодые и старые. Всего надо собрать не менее 25 листьев среднего размера с одного вида растения. Обработка заключается в измерении линейкой ширины половинки листа, длина второй жилки от основания листа, расстояние между основаниями первой и второй жилок, расстояние между концами этих жилок, угол между главной и второй от основания жилками. Все показатели снимаются на листьях справа и слева. Отдельно фиксируют «загнутость» макушки листа. Данные измерения заносят в таблицу. Величину флуктуирующей асимметрии оценивают с помощью интегрального показателя – величины среднего относительного различия по признакам (среднее арифметическое отношение разности к сумме промеров листа справа и слева, отнесенное к числу признаков).

Коэффициент флуктуирующей асимметрии определяют по формуле, предложенной В.М. Захаровым:



$$\delta_d^2 = (\Sigma(d_{1-r} - M_d)^2 / n - 1), \quad (1)$$

где M_d – среднее различие между сторонами;

$$M_d = \Sigma d_{1-r} / n, \quad (2)$$

d_{1-r} – различие значений признаков между левой (1) и правой (r) сторонами; n – число выборов.

$$d_{1-r} = 2(d_l - d_r) / d_l + d_r, \quad (3)$$

Показатель асимметрии указывает на наличие в среде обитания живых организмов негативного фактора. На основании периодического вычисления показателя можно проследить изменения условий обитания объекта.

Предметом исследования выбраны листья березы повислой, произрастающей на территории Братского района. Листья были собраны в районах, находящихся от источника загрязнения на различном расстоянии, в частности на территории поселка Кежемский, санатория «Братское взморье», Федеральная трасса Падун – Братск, АО "БрАЗ" (50 м от дороги).

Леса, находящиеся на территории поселка Кежемский, относятся к фоновым лесам, которые находятся в относительно чистых зонах. Леса на территориях санатория «Братское взморье» и Федеральной трассы Падун – Братск относятся к умеренно загрязненным лесам, которые находятся в зоне среднего загрязнения промышленных выбросов. Территория АО "БрАЗ" относится к зоне сильного загрязнения. Леса на данной территории утратили свою биологическую активность, большинство деревьев ослабленные или усыхающие.

На рисунке 1 приводится график зависимости ширины половинок листа березы повислой от среды обитания (1 - поселок Кежемский; 2 - Санаторий «Братское взморье»; 3 - Федеральная трасса Падун – Братск; 4 - АО "БрАЗ").

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что чем ближе коэффициент флуктуирующей асимметрии к 1, тем уровень загрязнения окружающей среды выше.

Для установления зависимости между средой обитания и параметрами листа березы повислой был найден коэффициент корреляции, который показывает функциональную зависимость между данными факторами (см. рис.2 (1 - поселок Кежемский; 2- Санаторий «Братское взморье»; 3 - Федеральная трасса Падун – Братск; 4 - АО "БрАЗ")).

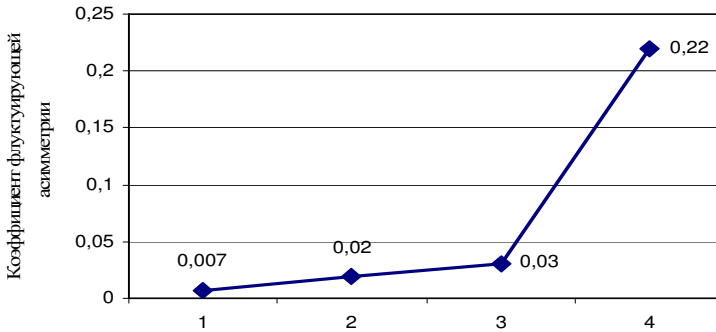


Рис. 1. График зависимости ширины половинок листа березы повислой от среды обитания

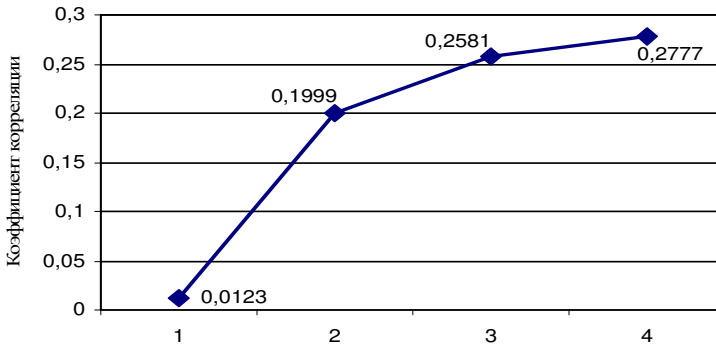


Рис.2. График зависимости между средой обитания и параметрами листа березы повислой

Из данного рисунка видно, что чем ближе коэффициент корреляции к 1, тем выше эта зависимость. Следовательно, и выше степень зависимости между качеством произрастания березы повислой и средой обитания.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что по мере удаленности насаждений от промышленных предприятий улучшается общее состояние древостоев. Таким образом, чем ниже коэффициент флуктуирующей асимметрии и коэффициент корреляции, тем ниже степень зависимости между качеством произрастания



березы повислой и средой обитания и соответственно ниже уровень загрязнения окружающей среды.

Из проделанной работы видно, что территория АО "БрАЗ" является наиболее загрязненной по сравнению с другими изученными территориями. Коэффициент флуктуирующей асимметрии и коэффициент корреляции на данной территории близок к 1, таким образом, уровень загрязнения окружающей среды очень высок. Это связано с тем, что АО "БрАЗ" является одним из основных источников, загрязняющих атмосферу воздуха, преобладающий компонент выбросов которого - твердые и газообразные фториды, являющиеся крайне токсичными для растений. Также огромное влияние на рост и развитие растений оказывает выброс тяжелых металлов автотранспортом.

Библиографический список

1. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды [Текст] / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова – Москва 2007.
2. Стрельцов А.Б. Региональная система биологического мониторинга / А.Б.Стрельцов – Калуга: Издательство Калужского ЦНТИ, 2003.

Т.В. Ковальская, Е.В. Нуязина

*Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники*

ТЕХНОЛОГИИ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ

Для обезвреживания ядовитых органических веществ, попадающих в окружающую среду с отходами химических предприятий, уже давно и довольно успешно используют различные микроорганизмы. Однако они не способны удалять из почвы и воды вредные для здоровья тяжелые металлы – например, мышьяк, кадмий, медь, ртуть, селен, свинец, а также радиоактивные изотопы стронция, цезия, урана и другие радионуклиды. Иное дело зеленые растения, которые извлекают из окружающей среды и концентрируют в своих тканях различные элементы. Растительную массу не составляет особого труда собрать и сжечь, а образовавшийся пепел или захоронить, или использовать как вторичное сырье.

Этот метод очистки окружающей среды был назван фиторемедиацией – от греческого "фитон" (растение) и латинского "ремедиум" (восстанавливать).

Растения и ризосферные микроорганизмы в процессе фиторемедиации могут использоваться различными путями.



Растения могут применяться как фильтры в созданных искусственно заболоченных участках или в промышленных установках. К данным технологиям в частности относится ризофилтрация - использование растений в гидропонных установках для фильтрации загрязнённой воды. Для фиторемедиации в искусственно созданных заболоченных территориях применяются различные водные виды: ряска (*Lemna* sp.) и (*Azolla* sp.) – для неорганических поллютантов (хорошие накопители металлов и лёгкий сбор биомассы), виды родов *Myriophyllum* и *Elodea* - для органических поллютантов (высокий уровень деградирующих ферментов). В процессе ризофилтрации осуществляется интенсивное аэрирование, что позволяет использовать также наземные растения (часто используются горчица *Brassica juncea* и подсолнечник *Helianthus annuus*). Искусственно созданные заболоченные территории применяются для очистки от широкого круга неорганических (металлы, цианиды, нитраты, фосфаты) и некоторых органических (гербициды, взрывчатые вещества) поллютантов. Ризофилтрация по причине своей дороговизны пригодна для очистки небольших количеств сточных вод содержащих опасные неорганические поллютанты, такие как радионуклиды.

Древесные виды растений могут использоваться в фиторемедиации в качестве барьера для воды, чтобы создать восходящий ток воды в корневую зону, препятствуя утечке загрязнения вглубь, и препятствовать горизонтальному распространению загрязнённых грунтовых вод. Для этого применяются виды с хорошо развитой корневой системой и высоким уровнем транспирации (например, тополь).

Другая технология, называемая фитоэкстракцией, заключается в использовании растений для экстрагирования поллютантов и аккумуляции их в тканях, после чего наземная растительная биомасса собирается. Растительный материал может далее либо использоваться для непищевых целей (производство дерева, картона) либо сжигаться с последующим вывозом золы на свалку или, в случае ценных металлов, рециркуляцией накопленных элементов. Данная технология главным образом используется для очистки от неорганических поллютантов (металлы, селен, мышьяк, радионуклиды). Для фитоэкстракции часто применяют горчицу *Brassica juncea* и подсолнечник *Helianthus annuus* из-за их быстрого роста, большой биомассы и высокой устойчивости к неорганическим поллютантам. Также обнаружены ряд растений-гипераккумуляторов, способных накапливать один или несколько элементов (некоторые металлы, As, Se) до уровня в два порядка выше, чем другие виды (до 0,1-1% сухой биомассы). Так, растение, гиперак-



кумулярующее никель, *Alyssum bertolonii*, уже применялось в полевых условиях для фитоэкстракции.

Технология фитостимуляции состоит в применении растений для стимуляции биodeградации поллютантов микробами в ризосфере. Такая стимуляция биodeградации осуществляется за счёт секреции растениями органических веществ, используемых ризосферными микроорганизмами в качестве источника энергии и углерода, а также различных вторичных метаболитов, активирующих гены, ответственные за синтез деградирующих ферментов. Для фитостимуляции микробов-деструкторов корневой зоны применяются растения обладающие обширной плотной корневой системы и секретирующие специфические вещества, способствующие росту микробов. В частности используются различные травы (например, овсяница *Festuca* sp., плевел *Lolium* sp.) из-за их обширной и плотной корневой системы и шелковица (тутовое дерево) из-за секреции фенольных соединений - индукторов генов микроорганизмов вовлечённых в разрушение циклических углеводов. Фитостимуляция применяется для очистки от гидрофобных органических поллютантов (ПХБ, углеводороды нефтепродуктов), которые не могут быть поглощены растениями, но могут быть деградированы микробами.

Также растения могут напрямую деградировать органические поллютанты с помощью своих ферментов, обычно внутри тканей, до неорганических соединений или до стабильных интермедиатов, накапливающихся в растении. Технология использования растений для деградации поллютантов получила название фитодеградация. она эффективна против органических поллютантов обладающих хорошей подвижностью в растении (гербициды, ТНТ, трихлорэтилен). Применяемые для фитодеградации виды характеризуются наличием обширной плотной корневой системы и высоким уровнем синтеза ферментов деградации (наиболее часто применяют растения тополя).

Технология, получившая название фитоиспарение, основывается на том, что после поглощения некоторые поллютанты могут покидать растение в летучей малотоксичной форме. Например, неорганический селен ассимилируется растением в форме селеноаминокислот – селеноцистеина и селенометионина. Последний может метилироваться с образованием летучего диметилселенида на 2-3 порядка менее токсичного, чем неорганический селен. Если летучее соединение всё же токсично, то после испарения растением оно разбавляется в атмосфере до уровня не представляющего угрозы. Фитоиспарение может быть использована для летучих органических соединений (трихлорэтилен) и



некоторых неорганических веществ, способных переводиться растением в летучее состояние (селен, ртуть). Обычно в данной технологии применяют всё тот же тополь благодаря высокому уровню транспирации; в очистке от селена эффективны виды рода *Brassica*, рис.

Так как процессы, вовлечённые в фиторемедиацию, происходят в естественных условиях, покрытые растительностью загрязнённые районы склонны к самоочищению без человеческого вмешательства. Такое самоочищение является простейшей формой фиторемедиации и включает в себя только мониторинг; пригодно для использования в удалённых районах с неинтенсивной человеческой деятельностью и низким уровнем загрязнения.

Необходимо отметить, что, не смотря на эффективность фиторемедиации, во многих случаях лежащие в основе этого процесса биологические механизмы остаются неизвестными. Чтобы повысить эффективность технологий фиторемедиации проводятся интенсивные исследования вовлечённых биологических процессов (взаимодействия растение-микрорганйзм, механизмы деградации органических поллютантов, механизмы транспорта и хелатирования неорганических поллютантов).

Новыми интересными разработками является сочетание фиторемедиации с ландшафтной архитектурой: применение очищаемой растением территории в качестве городских парков во время и после процесса очистки. Также районы фиторемедиации могут быть превращены в заповедные зоны дикой природы, как например Rocky Mountain Arsenal в Дэнвере, один из наиболее загрязнённых районов США.

Другой инновацией в области фиторемедиации является использование трансгенных растений. Продолжают создаваться новые трансгенные растения, обладающие повышенной устойчивостью, способностью к аккумуляции и деградации поллютантов. Пока проводятся главным образом лабораторные исследования в основном с использованием искусственно загрязнённой среды, реже с субстратами с мест загрязнений. Однако ситуация меняется и к данному моменту например уже завершено полевое исследование трансгенных растений индийской горчицы, сверхэкспрессирующих ферменты вовлечённые в редукцию сульфата/селената и аккумуляцию глутатиона. Три типа данных трансгенных растений характеризуются улучшенной аккумуляцией селена при выращивании на загрязнённой солями территории.