

УДК 630.17:582.475:504.064.36(571.53)

## ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЗОНЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

О.П. Ковылина, И.А. Зарубина, А.Н. Ковылин

ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»  
660049 Красноярск, пр. Мира, 82

В представленной статье рассмотрены вопросы оценки жизненного состояния лесных культур сосны обыкновенной в пригородной зоне г. Усть-Илимска. В качестве основных параметров выбраны морфологические показатели: степень дефолиации крон, пожелтения хвои, количество шишек, прирост побегов разного возраста, тип дефолиации и формы кроны. Изучены морфометрические показатели сосны обыкновенной. Отмечено изменение приростов центрального побега, побегов 1-го и 2-го порядка под воздействием техногенного загрязнения. Выявлено изменение массы хвои на побегах разного возраста в зависимости от уровня загрязнения.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, морфологические показатели, техногенное загрязнение, прирост, масса хвои

The problems on evaluation of living conditions common pine (*Pinus sylvestris* L.) of forest cultures in Ust-Ilimsk suburban zone are considered in the paper. The morphological indices have been chosen as the main parameters, such as: defoliation of crowns, turning needles yellow, the number of cones, growth increase of shoots at the different age, defoliation type and crown forms. Morphometric indices of common pine are studied. Growth changes of the main shoot, the first- and second-range shoots in the condition of the industrial pollution are marked. Changes of needles mass on shoots of the different age under the influence of the pollution level is exposed.

**Key words:** the common pine (*Pinus sylvestris* L.), the morphological indices, the industrial pollution, the growth increase, the needles mass

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема техногенного воздействия на леса особенно обострилась за последние десятилетия. В странах Центральной и Западной Европы за последние годы значительно ухудшилось санитарное состояние лесов на площади 6 млн. га (Hingrichsen, 1987).

Воздействие техногенеза на окружающую среду проявляется как за счет транспорта, промышленного и сельскохозяйственного производства района произрастания лесов, так и за счет трансграничного переноса поллютантов. Во многих государствах Европы (Люксембург, Нидерланды, Швейцария, Скандинавские страны) более половины общего количества сернистых загрязнений попадает из других стран. Поступление серы на территорию России через западную границу достигало 4 млн. тонн в год, что составляет более 30 % объема ее собственных выбросов (Назаров, Рябошко, Фридман, 1988; Израэль, 2002.).

В настоящее время оценка качества природной среды в мировой практике осуществляется на основе экологического мониторинга, важнейшей частью которого является биологический мониторинг. При осуществлении последнего используется широкий набор методических приемов, среди которых большинство исследователей отдает предпочтение фитоиндикации, основанной на изучении уровня антропогенного воздействия по реакции растительных объектов (Бусько, Сидорович, Рупасова, 1995, Пшеничникова, 2004).

Важнейшей составной частью экологического мониторинга окружающей природной среды явля-

ется биомониторинг – система наблюдений, оценки и прогноза различных изменений в биоте, вызванных факторами антропогенного происхождения. Биомониторинг делает возможной прямую оценку качества среды и является одним из уровней последовательного процесса изучения здоровья экосистемы. Основной задачей биологического мониторинга является наблюдение за уровнем загрязнения биоты с целью разработки систем раннего оповещения, диагностики и прогнозирования. Главными этапами деятельности при разработке систем раннего оповещения являются отбор подходящих природных объектов и создание автоматизированных систем, способных с достаточно большой точностью выявлять «отклик» организма на загрязнение среды, в которой он находится, определение регламента, согласование методик, проектирование и эксплуатация сети мониторинга. Методами биоиндикации и биотестирования определяется присутствие в окружающей среде того или иного загрязнителя по наличию или состоянию определенных организмов, наиболее чувствительных к изменению экологической обстановки, т.е. обнаружение и определение биологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ (Пикулин и др., 2005). Таким образом, применение биологических методов для оценки среды подразумевает выделение видов животных или растений, чутко реагирующих на тот или иной тип воздействия. Методом биоиндикации с использованием подходящих индикаторных организмов в определенных условиях может осуществляться качественная и количественная оценка (без определения степени загрязнения) эффекта антропо-

погенного и естественного влияния на окружающую среду. Биологические методы помогают диагностировать негативные изменения в природной среде при низких концентрациях загрязняющих веществ (Буйолов, Кравченко, Боголюбов, 1998).

Многие районы Иркутской области отличаются значительным уровнем загрязненности атмосферы промышленными выбросами. В состав выбросов часто входят высокотоксичные компоненты, которые осаждаются в ценозах на значительном удалении от источника загрязнений (Михайлова, Бережная, 2002, Михайлова, 2003, Войников и др., 2005).

Для решения экологических проблем очень важно знать, как в зависимости от условий местопрорастания насаждения реагируют на изменение большого числа факторов среды. Усть-Илимский лесопромышленный комплекс расположен в местности, приравненной к районам Крайнего Севера, где наряду с тяжелыми климатическими условиями и природными факторами, с созданием водохранилищ, объектов лесохимии и лесопереработки образована обширная зона деградации природной среды.

Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной базируется на методе биоиндикации. Выбор сосны в качестве биоиндикатора не случаен. Для оценки состояния атмосферного воздуха многие годы нами используется биоиндикатор сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Общеизвестно, что она является видом, реагирующим на загрязнение среды обитания продуктами техногенеза. Этот фитоиндикатор широко распространен на всей территории области, произрастает как на сухих песках, так и в условиях избыточной влажности. В связи с этим сосна обыкновенная представляет собой удобный объект для биоиндикации уровня загрязнения в любом районе Иркутской области. Реакции *Pinus sylvestris* L. на наличие загрязняющих веществ в воздухе и почве неспецифичны и отражают общий уровень загрязнения среды химическими веществами различной природы. Для оценки химической нагрузки на фитоиндикатор используют разные его признаки (характеристики). Самым распространенным и наиболее простым в исполнении является морфологический подход (Захаров и др., 2000). В различных литературных источниках в качестве индикационных признаков рекомендуется использовать величину годового прироста основного побега, длину листовых пластинок, размеры генеративных органов (Селянкина, Шкарлет, Мамаев, 1972, Поповичев, 1980). Информативным признаком определенного уровня загрязнения атмосферы является состояние хвои: изменение окраски (хлороз, пожелтение), преждевременное увядание хвои и дефолиация, время жизни, наличие некротических пятен (Алексеев, 1990). При этом форма и цвет некротического пятна является специфической реакцией на определенный вид загрязнения, а доля пораженной поверхности хвоинки может быть использована для количественной оценки реакции фитоиндикатора. Для индикационных целей могут быть использованы также морфологические и анатомические характеристики хвои сосны. По данным

авторов (Шуберт, 1982, Черненко, 1986) хвоя сосны может быть использована и как биоаккумулятор аэрогенных загрязнений. Это связано с тем, что хвоя сосны обладает способностью эффективно поглощать загрязняющие вещества, в частности, соединения металлов, в виде аэрозолей за счет диффузионного осаждения последних в полостях и воздушных каналах листовой пластинки (Фомин и др., 1992). Сосна обладает также биоаккумулирующей способностью для ряда металлов, соединения которых поглощаются корневой системой из почвы. Поглощение может быть как метаболическим, так и пассивным (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Ввиду малой поверхности листа, утолщенной кожицы и малого количества устьиц вынос поглощенных микроэлементов с поверхности листовой пластинки сосны при испарении влаги и газообмене с атмосферой очень мал. За время жизни хвои (4-6 лет в зависимости от условий произрастания дерева) в ее массе накапливаются характерные для данной местности микроэлементы в количествах, достаточных для аналитического определения.

## ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью работы является изучение и оценка жизненного состояния деревьев. В качестве основных параметров выбраны морфологические показатели: степень дефолиации крон, пожелтения хвои, количество шишек, прирост побегов разного возраста, тип дефолиации и формы кроны.

В соответствии с целью исследований были поставлены следующие задачи:

- сравнить биометрические показатели сосны обыкновенной на пробных площадях, заложенных в условиях различного техногенного воздействия;
- на основании данных санитарного обследования оценить состояние лесных культур;
- используя данные преществующих исследований и рассчитанные показатели жизненного состояния древостоев, проанализировать влияние факторов – антропогенного стресса (рекреационной нагрузки и техногенного загрязнения).

Для реализации намеченных задач в полевой период 2003-2005 гг. в лесных культурах было проведено детальное обследование сосны обыкновенной. Обследование проводили по общепринятой методике на трех пробных площадях (20×25 м), заложенных на большом расстоянии друг от друга, отличающихся уровнем антропогенного воздействия. На каждой пробной площади обследовали 100 деревьев. Первоначально на каждой пробной площади делали лесоводственно-таксационное описание насаждения, используя глазомерную и инструментальную таксацию. Средний диаметр и высоту определяли при камеральной обработке данных. Первый – через средневзвешенное значение площади поперечного сечения ствола на высоте груди (1,3 м); среднюю высоту – по кривой высот, построенной в редакторе Excel по материалам обмера модельных деревьев на каждой пробной площади. Ряд таксационных показателей были взяты из таксаци-

онных материалов лесоустроительного проекта в Северном лесхозе. При оценке жизненного состояния (ОЖС) в качестве основных параметров выбраны интегральные показатели: степень дефолиации крон, пожелтения хвои, количество шишек, прирост побегов разного возраста, тип дефолиации и формы кроны. Категорию состояния деревьев оценивали глазомерно, руководствуясь шкалой Санитарных правил в лесах РФ (1994).

Последующую оценку состояния лесных культур на пробных площадях производили расчётным путём, используя общепринятую в лесозащитной практике методику В.А. Алексеева (1990). Все материалы обработаны статистически по общепринятой методике (Павлов, Смольянов, Вайс, 2005).

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве объекта исследования были выбраны лесные культуры сосны обыкновенной. Культуры созданы двух летними сеянцами сосны в 1993 году. ПП1 находится рядом с Усть-Илимским лесопромышленным комплексом на расстоянии 2 км от трубы, в квартале 59 в выделе 2. Размер ПП1 составляет 0,05 га. Средняя высота деревьев 2,8 м, диаметр ствола на высоте груди – 2,5 см, средний возраст – 14 лет. ПП2 расположена в лесу на расстоянии 200 км от города, в квартале 35 выделе 1. Размер ПП2 – 0,05 га. Средняя высота деревьев 3,2 м, диаметр ствола на высоте груди – 2,6 см, средний возраст – 14 лет. На ПП2 класс бонитета – II. Следовательно, деревья растут в благоприятных почвенно-климатических условиях. ПП3 расположена в городе Усть-Илимске, в квартале 3 выделе 7. Размер пробной площади составляет 0,05 га. Средняя высота деревьев 2,6 м, диаметр ствола на высоте груди – 2,2 см, средний возраст – 14 лет. Класс бонитета на ПП3 – III.

Размер пробной площади составляет 0,05 га. Средняя высота деревьев 2,62 м, диаметр ствола на высоте груди – 2,2 см, средний возраст – 14 лет. Класс бонитета на ПП3 – III.

В связи с поставленными задачами, выбор и закладка пробных площадей проводилась в Северном лесхозе на трех участках с разным антропогенным влиянием: на расстоянии 2 км от предприятия, в лесу и в городе. ОАО «ПО УИ ЛПК» расположен на берегу реки Ангары и производит выпуск следующей продукции: целлюлоза сульфатная белая

из хвойных, лиственных пород, канифоль таловая, скипидар сульфатный очищенный, кислоты жирные таловые, масло таловое дистиллированное, сульфатное мыло, химикаты для собственного производства, пиловочник, пиломатериалы обрезные, продукция машиностроения. Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферный воздух, являются: метилмеркаптан, диметилсульфида, диоксид серы, сероводород, диоксид азота, оксид углерода, сероводород. К числу наиболее распространенных опасных веществ, загрязняющих водные объекты, относятся нефтепродукты, фенол, лигнин, скипидар, формальдегид, диметилсульфид, метилмеркаптан, ХПК, БПК, метиловый спирт (метанол), таловое масло. Город Усть-Илимск расположен в местности, приравненной к районам Крайнего Севера, где наряду с тяжелыми климатическими условиями и природными факторами, с созданием водохранилищ, объектов лесохимии и лесопереработки образована обширная зона деградации природной среды.

Зарегулирование реки Ангары при строительстве слабопроточных Усть-Илимского и Богучанского водохранилищ привело не только к эвтрофикации (нарушению экосистем) водоемов, но и изменению микроклимата, сопровождающегося повышением относительной влажности воздуха, усилением ветровой деятельности, образованием густых туманов (Магамедов, 2005).

Состояние окружающей среды в городе напрямую зависит от деятельности предприятий Иркутской области и объектов природопользователей города Усть-Илимска.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Оценка заключается в выведении величины, позволяющей сравнивать и интерпретировать данные описаний. Оценку можно проводить двумя способами – по сумме баллов и по классу ОЖС. Оценка по сумме баллов. Если сумма составляет: 0-5 баллов – дерево является здоровым и весьма жизнеспособным. Чем выше средний балл деревьев на площадке, тем хуже жизненное состояние деревьев. Максимальное значение 15 баллов соответствует отмирающему или мертвому дереву. В таблице 1 представлена оценка деревьев по баллу ОЖС.

Таблица 1 – Оценка деревьев по баллу ОЖС на пробных площадях

Балл ОЖС	Количество деревьев			% деревьев			Сумма %		
	ПП1	ПП2	ПП3	ПП1	ПП2	ПП3	ПП1	ПП2	ПП3
0	34	33	25	97	94,3	71,4	97	94,3	71,4
1	1	2	8	3	5,7	22,9	100	100	94,3
2	–	–	2	–	–	5,7	–	–	100
3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сумма	35	35	35	100	100	100	–	–	–

Из таблицы 1 видно, что на ПП1 из 35 деревьев: 34 дерева с ОЖС 0 балл (здоровые), одно дерево с ОЖС равным 1 баллу (почти здоровые), на ПП2 из 35 деревьев: 33 дерева с ОЖС 0 балл (здоровые),

два дерева с ОЖС равным 2 баллам (почти здоровые), на ПП3 из 35 деревьев: 25 деревьев с ОЖС – 0 балл (здоровые), восемь деревьев с ОЖС равным 1 баллу (почти здоровые) и два дерева с ОЖС – 2

балла (ослабленные). Анализ таблицы показывает, что деревья на ПП1 и ПП2 здоровые, без признаков ослабления, состояние сосны обыкновенной лучше всего в лесу, на расстоянии 200 км от ЛПК.

Высота лесных культур на ПП1 составила в 2005 году 2,8 м, в 2004 году – 2,2 м, в 2003 году – 1,6 м, 2002 – 1,1 м и в 2001 году – 0,5 м. Высота культур на ПП2 в 2005 году составила 3,2 м, в 2004 – 2,5 м, в 2003 – 1,7 м, в 2002 – 0,9 м, в 2001 – 0,1 м. Высота культур на ПП3 в 2005 году – 2,6 м, в 2004 году – 2,3 м, в 2003 – 1,6 м, в 2002 – 1,1 м, в 2001 – 0,5 м.

Прирост лесных культур на ПП1 в 10-летнем возрасте составляет 46 см, в возрасте 8 лет – 37 см, в

6 лет – 27 см. На ПП2 прирост лесных культур в 10-летнем возрасте равен 51 см, в 8 лет – 38 см и в 6 лет – 26 см. На ПП3 прирост в 10 лет составил 50 см, в 8 лет – 40 см и в 6 лет – 28 см. Лучше всего сосна растет в лесу: прирост по диаметру превышает прирост в городе на 7,8 %, и в 2 км от трубы – на 8,1 %.

При одинаковом приросте по высоте на начальном этапе роста культур сосны обыкновенной на всех трех участках, через 10 лет наблюдается тенденция уменьшения прироста в культурах, расположенных на расстоянии 2-х км от трубы на 9,3 %, в городе на 2 %. Среднестатистические показатели прироста побегов, длины и массы хвои представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Среднестатистические показатели прироста побегов, длины и массы хвои**

Показатель		Номер пробы		
		ПП1	ПП2	ПП3
прирост, см	центральный побег	<u>53,7 ± 0,98*</u>	<u>80,3 ± 0,93</u>	<u>59,3 ± 0,94</u>
		55,7 ± 0,65**	86,5 ± 1,13	61,6 ± 0,99
	1-ого порядка	<u>49,2 ± 0,89</u>	<u>74,9 ± 0,59</u>	<u>48,0 ± 0,56</u>
		48,7 ± 0,42	55,7 ± 0,65	44,1 ± 0,60
	2-ого порядка	<u>36,8 ± 0,56</u>	<u>54,8 ± 0,86</u>	<u>37,1 ± 0,91</u>
		38,8 ± 0,50	58,1 ± 0,69	42,3 ± 0,51
длина хвои, мм	центральный побег	<u>53,7 ± 0,98</u>	<u>73,4 ± 1,86</u>	<u>59,3 ± 0,94</u>
		51,9 ± 0,58	87,3 ± 1,24	62,6 ± 1,04
	1-ого порядка	<u>49,2 ± 0,89</u>	<u>77,0 ± 1,05</u>	<u>48,0 ± 0,56</u>
		54,6 ± 1,46	78,2 ± 0,67	43,6 ± 0,68
	2-ого порядка	<u>36,8 ± 0,56</u>	<u>64,0 ± 1,60</u>	<u>37,1 ± 0,91</u>
		46,1 ± 2,02	57,6 ± 0,73	41,8 ± 0,55
масса хвои, г	центральный побег	<u>4,3 ± 0,26</u>	<u>5,7 ± 0,22</u>	<u>4,1 ± 0,38</u>
		4,6 ± 0,55	6,6 ± 0,74	4,3 ± 0,27
	1-ого порядка	<u>3,0 ± 0,06</u>	<u>5,0 ± 0,10</u>	<u>3,0 ± 0,15</u>
		3,2 ± 0,08	5,6 ± 0,14	2,5 ± 0,13
	2-ого порядка	<u>1,4 ± 0,05</u>	<u>2,4 ± 0,08</u>	<u>1,4 ± 0,07</u>
		2,0 ± 0,24	2,6 ± 0,03	2,0 ± 0,11

Примечание: \* – среднегодовалые данные; \*\* – данные текущего года.

По данным из таблицы 2 видно, что текущий прирост (2005 год) центрального побега больше среднего прироста (2002-2004 гг.) на ПП1 и ПП3 на 4 % и на ПП2 на 8 %.

На ПП1 текущий прирост побегов и средний прирост не различаются. На ПП2 текущий прирост побега 1-ого порядка больше среднего прироста на 5 %. Средний прирост побегов 1-ого порядка на ПП3 больше текущего прироста на 9 %. Текущий прирост побегов 2-ого порядка на ПП1 и ПП2 больше среднего прироста на 6 %, на ПП3 на 14 %.

На ПП1 длина хвои центрального побега текущего года меньше среднегодовалой длины хвои на 3 %. Длина хвои центрального побега текущего года на ПП2 и на ПП3 больше среднегодовалой длины хвои на 19 % и 4 %. На ПП1 и на ПП3 длина хвои побегов 1-ого порядка текущего года больше среднегодовалой длины хвои на 11 %, на ПП2 на 2 %. Длина хвои с побегов 2-ого порядка текущего года больше на ПП1 и ПП3 на 25 % и на 13 %. На ПП2 среднегодовалая длина хвои больше длины хвои текущего года на 11 %.

Масса хвои центрального побега текущего года на ПП1, ПП2 и ПП3 больше массы хвои среднегодовалой на 7 %, 16 % и 5 % соответственно. Масса хвои на ПП1 и ПП2 текущего года больше среднегодовалой на 6 % и 12 %. На ПП3 среднего-

годовалая масса хвои больше массы текущего года на 20 %. Масса хвои побегов 2-ого порядка на ПП1 и ПП3 больше среднегодовалой на 43 %, на ПП2 на 8 %.

На всех пробных площадях собирались образцы однолетней хвои с центрального и боковых побегов 1-го и 2-го порядков. Масса 100 шт. хвои в абсолютно-сухом состоянии сосны обыкновенной за три года показана на рисунке 1.

На ПП 1 масса 100 шт. хвои с центрального побега изменяется от 3,8 до 5,2 г. Масса 100 шт. хвои в сыром состоянии изменяется от 8,0 до 8,2 г. На ПП 2 масса 100 штук хвои центрального побега в абсолютно-сухом состоянии за последние пять лет изменяется от 5,7 до 6,6 г. Масса 100 шт. в сыром состоянии колеблется от 11,5 до 14,4 г. Коэффициент варьирования массы хвои в сыром состоянии низкий (3,5-4,5 %). По полученным данным видно, что на ПП 3 масса 100 шт. хвои центрального побега за последние пять лет изменяется от 2,1 до 4,4 г. Масса 100 шт. хвои в сыром состоянии изменяется от 7,8 г до 9,2 г. Коэффициент варьирования массы в сыром состоянии изменяется от 0,8 до 3,6 % (низкий коэффициент варьирования). Результаты исследования показали, что прирост побегов, длина и масса хвои зависят от степени атмосферного загрязнения. Средний прирост на пробных площадях, расположенных

вблизи источника выбросов достоверно различается со средним приростом на контрольном участке (ПП2). Средний прирост центрального побега на ПП1 и ПП3 снижается соответственно на 49,2 % и 25,8 %. Средний прирост побегов 1-го и 2-го порядков на ПП1 и ПП3 снижается соответственно на 34,3-35,9 % и 32,8-32,2 %. Среднее значение длины хвои также уменьшается на ПП1 и ПП3 на 19,2-42,5 %. Среднее значение массы 100 шт. хвои на ПП1 и ПП3 снижается на 24,6-41,6 %.

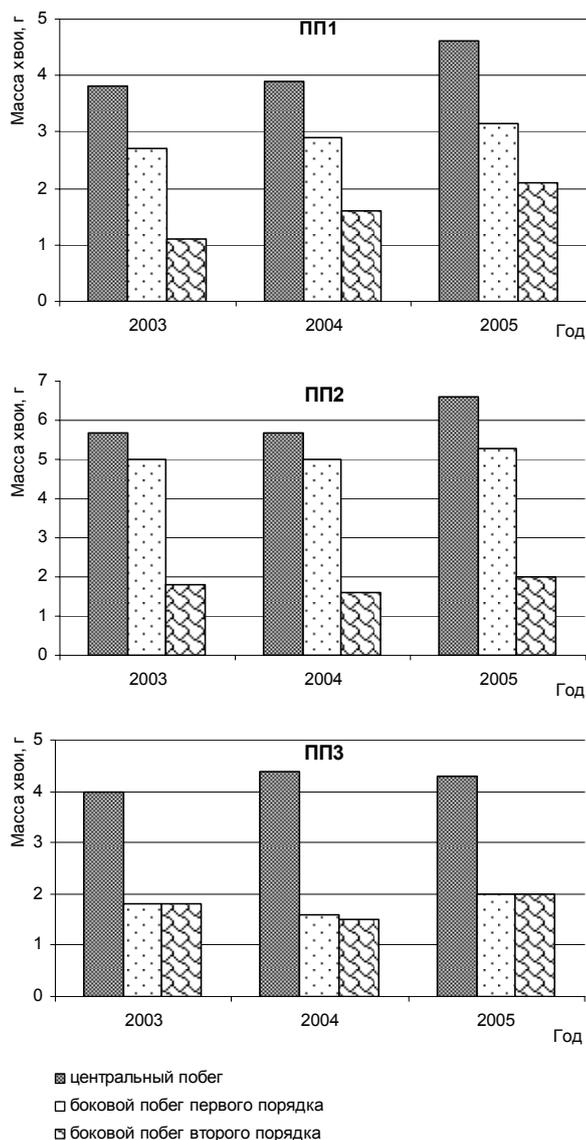


Рисунок 1 – Масса 100 шт. хвои на пробных площадях (ПП1-ПП3) в абсолютно-сухом состоянии, г

Так как пробы находятся друг от друга на большом расстоянии, можно утверждать, что деревья находятся в разных экологических условиях. На ПП3 внешние условия хуже, так как она находится в городе и культуры подвержены воздействию выхлопных газов от автомобилей, пыли и др.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что, близкое расположение пробной площади ПП1 к

лесопромышленному комплексу приводит к негативному влиянию промышленного загрязнения. Это связано с местоположением площади в зоне преобладающего переноса техногенных выбросов. Влияние выхлопных газов от автотранспорта и городской пыли на лесные культуры на пробной площади ПП3, расположенной в городе также выражено. По внешним морфологическим признакам деревья в городе находятся в ослабленном состоянии, наблюдается снижение срока жизни хвои, отмечается появление точечных и апикальных некрозов. Из проведенных исследований видно, что на ПП2 состояние деревьев лучше, чем на ПП1 и ПП3. Лесные культуры на ПП2 здоровы, крона густая, хвоя зеленая и не имеет внешних признаков повреждения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Алексеев, В.А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В.А. Алексеев. – Л.: Наука. Ленинградское отделение. 1990. – 197 с.
- Биоиндикация лесных экосистем : уч. пособие для студентов / Л.С. Пшеничникова. – Красноярск.: СибГТУ, 2004. –111 с.
- Буйолов, Ю.А. Методика оценки жизненного состояния леса по сосне / Ю.А. Буйолов, М.В. Кравченко, А.С. Боголюбов – М.: Экосистема, 1998. – 25 с.
- Бусько, Е.Г. Техногенное загрязнение лесных экосистем Беларуси / Е.Г. Бусько, Е.А. Сидорович, Ж.А. Рупасова. – Мн., 1995. – 319 с.
- Войников, В.К. Контроль стрессовой нагрузки в лесных экосистемах Прибайкалья при воздействии аэропримыслов алюминевых производств / В.К. Войников, [и др.] // Сиб. экол. журн. – 2005. –XI. 4.- С. 693-699.
- Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров [и др.]. - М.: ЦЭПР, 2000. – 65 с.
- Израэль, Ю.А. Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата, пределы измерений / Ю.А. Израэль. – М.: Наука, 2002. – 242 с.
- Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. - М.: Мир. – 1989. – 439 с.
- Магамедов, М. Природные ресурсы Усть – Илимского района / М. Магамедов / под общ. ред. Л. М. Корытного. – Иркутск.: СОРАН, 2005. – 219 с.
- Михайлова, Т.А. Влияние промышленных выбросов на леса Байкальской природной территории / Т.А. Михайлова // География и природ. ресурсы. – 2003. – № 1. С. 51-59.
- Михайлова, Т.А. Динамика состояния сосновых лесов при изменениях эмиссионной нагрузки / Т.А. Михайлова, Н.С. Бережная // Сиб. экол. журн. – 2002. – IX.- 1.- С. 113-120.
- Назаров, И.М. Труды института прикладной геофизики им. Е.К. Федорова / И.М. Назаров, А.Г. Рябошко, Т.Д. Фридман. – М. – 1988.- Вып. 71. – С. 4-9.
- Павлов, Н.В. Математические методы в лесном хозяйстве / Н.В. Павлов, А.С. Смольянов, А.А. Вайс. – Красноярск.: СибГТУ, 2005. – 192 с.
- Пикулин, А.В. Экологическая обстановка в городе Премии и его окрестностях / А.В. Пикулин [и др.] // Экологический вестник России. – 2005. – № 12. – С. 47-55.
- Поповичев, Б.Г. Влияние газов, выбрасываемых промышленными предприятиями, на показатели качества семян сосны обыкновенной и березы пушистой / Б.Г. Поповичев // Лесоводство, лесн. культуры и

- почвоведение. – 1980. – №9. – С. 59-62.
- Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем / Б.И. Фомин [и др.]. – СПб. 1992. – 103 с.
- Проект организации и развития лесного хозяйства Северного лесхоза Управления лесозаготовительной промышленностью Усть-Илимского лесопромышленного комплекса. – Иркутск.: 1987 – 226 с.
- Санитарные правила в лесах Российской Федерации. – М.: ВНИИЦ лесресурс, 1994. – 25 с.
- Селянкина, К.П. О репродуктивной функции основных лесобразующих пород Урала в условиях воздействия промышленных выбросов, содержащих агрессивные соединения / К.П. Селянкина, О.Д. Шкарлет, С.А. Мамаев // Загрязнение атмосферного воздуха предприятиями черной и цветной металлургии и меры по его защите. – Челябинск, 1972. – 120 с.
- Чернькова, Т.В. Методика комплексной оценки состояния лесных биогеоценозов в зоне влияния промышленных предприятий / Т.В. Чернькова // Пограничные проблемы экологии. Сб. Научн. трудов. – Свердловск: УНЦ АНССР. – 1986. – С. 116-127.
- Шуберт, Р. Возможности применения растительных индикаторов в биолого-технической системе контроля окружающей природной среды / Р. Шуберт // Проблемы фонового мониторинга состояния природной среды.: сб.ст. – Л.: ГМИ, 1982.- Вып.- 1.- С. 104-111.
- Hirrischen, D. Bio. Science. 1987. Vol. 37.- N 8. – P. 542-546.

---

Поступила в редакцию 12 февраля 2008 г.  
Принята к печати 27 августа 2008 г.