

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ХВОИ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ЗАПАДНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ

УДК 581.19:634.948 ©

Л.В. Афанасьева¹, В.К. Кашин¹, А.С. Плешанов², Т.А. Михайлова², Н.С. Бережная²

¹ Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения РАН, Иркутск, Россия

² Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения РАН, Иркутск, Россия

Работа поддержана грантом РФФИ, № 05-04-97219

Исследовалось влияние атмосферных выбросов Улан-Удэнского промузла на сосновые леса водосборного бассейна р.Уды. Загрязнение древостоев оценивалось по накоплению в хвое сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*) серы, фтора, тяжелых металлов. Определяли также содержание азота, фосфора, кальция, магния, калия, натрия. Обнаружен дисбаланс элементного состава хвои, который наиболее сильно проявляется в окрестностях источников выбросов. Нарушение химического состава выражается как в количественном изменении природного содержания элементов, так и в изменениях их соотношений. Показано, что эти особенности элементного состава способствуют ухудшению состояния деревьев, о чем свидетельствует целый ряд морфометрических параметров. В зависимости от удаления от источников промвыбросов и в соответствии с полученными данными, характеризующими состояние деревьев, выделены зоны разной степени угнетения древостоев - сильной (4-15 км от промузла), средней (20-40 км) и слабой степени (40-60 км), а также фоновые насаждения. Установлено, что по долине р. Уды распространение промышленных эмиссий и ослабление древостоев обнаруживается на расстоянии до 60 км от промышленной зоны г. Улан-Удэ.

Scots pine (*Pinus sylvestris*) treestands growing within the Uda-river basin polluted by industrial emissions of Ulan-Ude industrial center have been studied. Level of pollution of the treestands has been assessed by measuring a content of sulphur, fluorine, heavy metals in the needles. Concentrations of nitrogen, phosphorus, calcium, magnesium, potassium, and sodium in the needles were examined as well. The data obtained show changes in the elements accumulation and violations of proportions between the elements in the needles on the areas located near the industrial center. Treestands weakening on these areas is witnessed by a set of morphometrical parameters measured. According to the study results, the polluted territory can be divided into several areas which differ by the treestands weakening: the areas where heavily weakened treestands predominate, the areas of moderately weakened treestands, the areas of low weakened, as well as the areas of background (relatively healthy) treestands.

Введение

Выбросы промышленных предприятий являются одной из основных причин нарушения устойчивого функционирования экосистем, в том числе лесных, вызывая их частичную или полную деградацию. Основным объектом для оценки состояния лесов в Байкальском регионе служит сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*). Это обусловлено ее широким ареалом, а также важной экологической ролью и хозяйственным значением. Одним из наиболее часто используемых параметров для оценки влияния промышленного загрязнения, диагностики состояния лесных экосистем и характеристики питательного режима древесных растений является химический состав ассимиляционных органов, которые выполняют роль регуляторного звена в функционировании растительного организма и весьма чувствительны к изменению условий произрастания [14].

В Забайкалье сосна обыкновенная является одной из доминирующих лесообразующих пород. Однако работы, касающиеся изучения ее биологических и экологических особенностей в этом районе, немногочисленны, а исследование сосновых насаждений, подвергающихся воздействию аэропромвыбросов, до настоящего времени здесь вообще не проводилось. В то же время на этой обширной водосборной территории расположено несколько промышленных узлов разной мощности, негативно влияющих на наземные экосистемы. Одним из наиболее крупных промышленных узлов является Улан-Удэнский, в атмосферу которого ежегодно выбрасывается свыше 50 тыс. т загрязняющих веществ разного химического состава [5]. Загрязнение атмосферного воздуха приводит к серьезным экологическим последствиям, в частности, в г. Улан-Удэ наблюдается ослабление древесных насаждений с участием хвойных пород. Преобладающий западный и северо-западный перенос воздушных масс прежде всего обуславливает распространение техногенных выбросов от промзоны по долине р. Уды - одного из крупных притоков р. Селенги. Исходя из этого, целью исследования было на основе изучения изменения элементного состава хвои и ряда морфометрических параметров деревьев оценить состояние сосновых древостоев долины р. Уды, произрастающих на разном удалении от г. Улан-Удэ.

Район, объект и методы исследований

Обследования древостоев сосны обыкновенной, расположенных на разном удалении от г. Улан-Удэ, одного из крупных

индустриальных центров Восточной Сибири, выполнялись в 2001-2004 гг. Неблагоприятная экологическая ситуация в городе обусловлена, с одной стороны, высоким уровнем техногенной нагрузки, а с другой - низкой рассеивающей способностью атмосферы, приводящей к длительным застоям загрязненного воздуха. Расположение города в пределах полузамкнутой впадины и ограничение ее с севера и юга средневысотными хребтами способствует скоплению промвыбросов в нижних слоях атмосферы.

Район исследований характеризуется малым количеством осадков (200-300 мм). Среднегодовая температура воздуха -1,7 °С, продолжительность вегетационного периода в среднем 130 дней. Почвы преимущественно дерново-лесные слабо кислые (рН = 5,3-6,0), сумма обменных катионов ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$) варьирует от 13 до 22 мг-экв/100 г (преобладает кальций), содержание азота от 0,11 до 0,19 % от сухой массы, гумуса 1,8 - 3,2 %. Содержание подвижных форм калия составляет 4-9 мг/100 г, что считается средним уровнем обеспечения, фосфора - 18-30 мг/100 г, что соответствует высокой степени обеспеченности почв этим элементом. В целом же природные особенности и климатические условия этой части Западного Забайкалья характеризуются как жесткие для произрастания сосняков.

Основным типом лесной растительности в районе исследования являются сосняки остепненные, отличающиеся сильной разреженностью древостоя (полнота 0,4-0,6) и невысокой средней продуктивностью - III - IV класса бонитета. Объектом исследования служили приспевающие и спелые сосновые древостой. Обследование лесов осуществлялось с использованием инструкций и методик, утвержденных органами лесного хозяйства [6,7]. Полевые работы в лесах проводились маршрутно-ключевым методом с закладкой пробных площадей (ПП). Для выявления особенностей распространения промвыбросов ПП были заложены непосредственно в промзоне г. Улан-Удэ и по трансекте в северо-восточном направлении на расстоянии 15, 40, 60 км то есть в сторону преобладающего переноса атмосферных выбросов. В качестве фоновой использовали пробную площадь, расположенную на расстоянии 180 км от города.

На каждой ПП для определения элементного химического состава отбирали образцы хвои второго года жизни с деревьев II класса возраста из средней части кроны во второй половине вегетационного периода (начало августа). Эти же деревья служили

модельными для исследования морфоструктурных параметров, характеризующих состояние их крон и побегов: продолжительность жизни хвои, длина побега, длина хвои, масса хвои побега, масса 50 хвоинок, число хвоинок на побеге. Дефолиация крон оценивалась у деревьев доминирующего яруса. Хвою анализировали на содержание следующих элементов: азота, фосфора, калия, кальция, магния, натрия, серы, кремния, фтора, марганца, железа, меди, цинка, свинца, кадмия, ртути. Элементный состав определяли методами пламенной фотометрии, фотоколориметрии и атомно-абсорбционной спектрометрии [8]. Коэффициент концентрации химических элементов под влиянием техногенных выбросов относительно фона рассчитан по Саеу [9]. Статистическая обработка данных проводилась стандартными методами [10] с использованием пакета программ MS Office (Excel).

Результаты и обсуждение

У обследованных сосновых древостоев в условиях промышленного, загрязнения существенно изменяется химический состав хвои (таблица 1). Прежде всего, это происходит за счет увеличения элементов, которые присутствуют в составе эмиссий. В хвое древостоев, произрастающих в пределах промзоны г. Улан-Удэ, обнаруживаются самые высокие на данной территории уровни таких элементов, как сера, фтор, свинец, кадмий, ртуть, железо, цинк, кремний. Содержание этих элементов выше фоновых концентраций в несколько раз. По мере удаления от промзоны их уровень в хвое сосны снижается, но остается повышенным по сравнению с фоновыми значениями. Так, на расстоянии 15 км (с. Эрхирик) их содержание в среднем составляет 65 % от выявленных максимальных концентраций, в 40 км (п. Онохой) - 45 %, в 60 км (с. Курба) - 30 %. Концентрации загрязняющих элементов, соответствующие фоновым, обнаруживаются на значительном (свыше 60 км) удалении от Улан-Удэнского промузла.

Кроме того, в хвое сосны на обследованной территории Западного Забайкалья также изменяется уровень элементов, которые принято относить к биофильным - азота, фосфора, калия, кальция, магния, натрия (таблица 1). У древостоев, произрастающих в пределах промзоны г. Улан-Удэ и на расстоянии 15 км от него (с. Эрхирик), в хвое сосны на 40-5 % по сравнению с фоновыми уровнями увеличена концентрация кальция, на 15-20 % - содержание азота, магния и натрия. На расстоянии 40 км от промузла концентрации этих элементов соответствуют фоновым уровням. Повышение

количества кальция, магния, натрия, с одной стороны, обусловлено присутствием их в составе промышленных выбросов, а с другой - усилением процессов, связанных с детоксикацией поступающих элементов-поллютантов.

Увеличение концентрации азота в хвое деревьев вблизи промузла, по-видимому, связано с токсическим воздействием эмиссий и проявляется при действии многих других негативных экологических факторов-пожаров, заморозков, нападении насекомых и повреждении микромицетами. Предполагается, что увеличение азота связано с его оттоком из опадающей хвои в оставшуюся живую хвою [11-13]. Причем оно во многом обусловлено возрастанием небелковой фракции [11, 14] в основном за счет процессов гидролитического расщепления белков. У обследованных деревьев на всех пробных площадях количество белкового азота в хвое существенно не отличается от фонового уровня, тогда как содержание небелковой фракции заметно возрастает. Так, у древостоев, произрастающих в пределах промзоны, а также на расстоянии 15 км от нее, оно увеличено в 2,2 и 1,8 раза, у древостоев, удаленных на 40 км - на 30 %. Уровень небелкового азота, равный фоновому, обнаруживается лишь у древостоев, значительно удаленных от Улан-Удэнского промузла (60 км и более).

О нарушениях азотного метаболизма также свидетельствует и изменение отношения азота белкового к небелковому. У древостоев вблизи г. Улан-Удэ это соотношение в 2 раза меньше, чем у фоновых насаждений, и составляет 3,2-3,5. Понижен этот показатель и у древостоев, удаленных от промузла на расстоянии 40 км, у них он равен 4,4. Фоновый уровень этого соотношения (6,1-6,7) обнаруживается у древостоев сосны на расстоянии свыше 60 км. Несколько иная тенденция отмечается в динамике содержания в хвое сосны калия, марганца и, отчасти, фосфора - в условиях промышленного загрязнения количество этих элементов уменьшается. При этом наибольшие количественные различия в их содержании по сравнению с фоновыми уровнями также обнаруживаются у древостоев на территории, прилегающей к Улан-Удэнскому промузлу. У этих насаждений количество калия снижается на 20-35 %, фосфора на 10-15 % относительно фонового уровня. Более существенно (почти в 2 раза) в хвое деревьев уменьшается количество марганца.

Таблица 1 – Содержание химических элементов и органических веществ в хвое сосны обыкновенной на разном удалении от Улан-Удэ с промузла, % от сухой массы

Местоположение ПП, расстояние от Улан-Удэнского промузла, км	S, 10 ²	F, 10 ⁻³	Si	Pb, 10 ⁻⁵	Cd, 10 ⁻⁶	Hg, 10 ⁻⁶	Mn, 10 ²	Fe, 10 ²	Zn, 10 ⁻³	Cu, 10 ⁴	Ca	Mg	K	Na, 10 ²	N, общий	N, белковый	N, небелковый	P
г. Улан-Удэ, промзона	7,5±0,2	2,2±0,06	0,14±0,01	5,6±0,1	2,4±0,1	1,2±0,1	0,81±0,03	0,93±0,07	3,7±0,1	3,3±0,15	0,79±0,01	0,17±0,01	0,35±0,01	1,6±0,04	1,68±0,04	1,28±0,03	0,40±0,01	0,14±0,01
с. Эрхирик, 15 км	4,8±0,2	1,8±0,07	0,12±0,01	3,1±0,1	1,5±0,1	1,1±0,1	0,78±0,04	0,93±0,07	2,1±0,1	3,2±0,14	0,81±0,01	0,17±0,01	0,32±0,01	1,5±0,06	1,54±0,04	1,2±0,03	0,34±0,01	0,17±0,01
п. Онохой, 40 км	3,3±0,1	1,6±0,08	0,09±0,02	2,1±0,1	1,9±0,1	0,6±0,1	1,05±0,03	0,62±0,08	2,1±0,1	3,2±0,21	0,56±0,02	0,16±0,01	0,38±0,01	1,2±0,01	1,3±0,05	1,06±0,04	0,24±0,01	0,16±0,01
с. Курба, 60 км	3,6±0,1	1,2±0,06	0,05±0,02	1,2±0,1	2,2±0,1	0,6±0,1	1,49±0,05	0,45±0,08	3,1±0,1	3,1±0,24	0,56±0,02	0,13±0,01	0,37±0,01	1,3±0,01	1,42±0,04	1,22±0,04	0,20±0,01	0,17±0,01
с. Онинборск, 180 км (фон)	3,0±0,1	1,3±0,6	0,06±0,01	1,1±0,1	1,8±0,1	0,9±0,1	1,62±0,05	0,41±0,07	1,8±0,1	3,1±0,11	0,56±0,01	0,15±0,01	0,43±0,01	1,3±0,01	1,38±0,03	1,20±0,03	0,18±0,01	0,16±0,01

Таблица 3 - Коэффициенты концентраций (Кс) химических элементов в хвое сосны на разном удалении от Улан-Удэнского промузла

Местоположение ПП, расстояние от Улан-Удэнского промузла, км	Коэффициенты концентраций (Кс) химических элементов
г. Улан-Удэ, промзона	Pb _{5,1} ; S _{2,5} ; Si _{2,3} ; Fe _{2,2} ; Zn _{2,1} ; F _{1,7} ; Cd _{1,4} ; Ca _{1,4} ; Hg _{1,3} ; Na _{1,2} ; N _{1,2} ; Cu _{1,1} ; Mg _{1,1} ; P _{0,9} ; K _{0,8} ; Mn _{0,5}
с. Эрхирик, 15 км	Pb _{2,8} ; Fe _{2,2} ; Si _{2,0} ; S _{1,6} ; Ca _{1,5} ; F _{1,4} ; Hg _{1,2} ; Zn _{1,2} ; Na _{1,2} ; Mg _{1,1} ; N _{1,1} ; P _{1,1} ; Cu _{1,0} ; Cd _{0,8} ; K _{0,7} ; Mn _{0,5}
п. Онохой, 40 км	Pb _{1,9} ; Si _{1,5} ; Fe _{1,5} ; F _{1,2} ; Zn _{1,2} ; S _{1,1} ; Cd _{1,1} ; Mg _{1,1} ; Ca _{1,0} ; Cu _{1,0} ; P _{1,0} ; K _{0,9} ; Na _{0,9} ; N _{0,9} ; Mn _{0,7} ; Hg _{0,6}
с. Курба, 60 км	Zn _{1,7} ; S _{1,2} ; Cd _{1,2} ; Pb _{1,1} ; Fe _{1,1} ; P _{1,1} ; Cu _{1,0} ; Ca _{1,0} ; Na _{1,0} ; N _{1,0} ; K _{0,9} ; Mg _{0,9} ; Mn _{0,9} ; F _{0,9} ; Si _{0,8} ; Hg _{0,6}
с. Онинборск, 180 км (фон)	S _{1,0} ; F _{1,0} ; Cd _{1,0} ; Pb _{1,0} ; Hg _{1,0} ; Si _{1,0} ; Zn _{1,0} ; Cu _{1,0} ; Fe _{1,0} ; Mn _{1,0} ; Ca _{1,0} ; Mg _{1,0} ; K _{1,0} ; Na _{1,0} ; N _{1,0} ; P _{1,0}

Подобная закономерность в изменении содержания этого элемента была отмечена нами и у сосновых древостоев, подверженных воздействию промышленных эмиссий, в западной части Байкальского региона - в Предбайкалье [2]. Исходя из этого, снижение калия, марганца и, особенно, марганца в хвое свидетельствуют о весьма негативном влиянии эмиссий на состояние сосновых древостоев в районе исследования.

Как следует из анализа полученных результатов, дисбаланс элементного состава

хвои сосны на обследованной территории Западного Забайкалья также проявляется и при рассмотрении количественных соотношений между основными биофильными элементами (таблица 2). Так, в соотношении между кальцием, магнием и калием у древостоев при воздействии эмиссий более всего увеличивается доля кальция, несколько меньше - магния, при этом доля калия уменьшается.

Таблица 2 - Соотношения содержания элементов-биофилов* в хвое сосны обыкновенной на разном удалении от Улан-Удэнского промузла

Местоположение ПП, расстояние от Улан-Удэнского промузла, км	Соотношения элементов		
	Ca:Mg:K	Mn: Fe	N:P:K
г. Улан-Удэ, промзона	60:13:27	47:53	77:7:16
с. Эрхирик, 15 км	62:13:25	46:54	76:8:16
п. Онохой, 40 км	51:15:34	63:37	70:9:21
с. Курба, 60 км	53:12:35	77:23	71:8:19
с. Ониноборск, 180 км (фон) *	49:13:38	80:20	70:7:23

* - соотношения вычислялись как процентная доля каждого элемента от суммы концентраций элементов

В соотношении N:P:K. у древостоев, подверженных воздействию выбросов, изменения обусловлены, главным образом, увеличением количественной доли азота, а также снижением доли калия. Среди микроэлементов наиболее явные нарушения баланса проявляются в соотношении между марганцем и железом, что, вероятно, обусловлено антагонизмом между ними [15].

При этом изменение соотношения Mn:Fe обнаруживается не только у древостоев, произрастающих вблизи промузла, но и удаленных от него на 40 км.

Для оценки техногенного воздействия одной из основных характеристик является его интенсивность, которая определяется степенью накопления элементов-загрязнителей в исследуемом объекте по сравнению с природным фоновым уровнем. Показателем аномальности содержания элементов является коэффициент концентрации (Kс), который рассчитывается как отношение содержания элемента в исследуемом объекте (С) при техногенной нагрузке к среднефоновому его содержанию (Сф): $K_c = C / C_f$ [9]. К аномальным концентрациям относятся те, Kс которых равен или выше 1,5. Так, в пределах промузлы г. Улан-Удэ в хвое древостоев отмечается увеличение коэффициента концентрации

элементов, входящих в состав эмиссий. Наибольшие значения Kс выявлены для таких элементов, как сера, свинец, фтор, кремний, железо, цинк (таблица 3). Учитывая величину Kс (1,5-5,1), содержание перечисленных элементов в хвое на этой части обследованной территории следует считать аномальным, а уровень загрязнения древостоев - как сильный. Полученные нами данные согласуются с результатами ранее проведенных исследований по определению уровня загрязнения окружающей среды в г. Улан-Удэ, где именно промышленная зона города определена как наиболее сильно загрязненная [16].

При удалении от промузла коэффициенты концентрации всех рассмотренных элементов снижаются. Аномально высокое содержание отдельных элементов в хвое сосны сохраняется на расстоянии 40 и 60 км от промузла, что свидетельствует о дальности распространения аэропромвыбросов по долине р.Уды. На основании данных об изменении в хвое сосны показателя Kс элементов, входящих в состав промышленных эмиссий, можно выделить 4 уровня (зоны) загрязнения обследованных сосновых древостоев:

- 1) сильный - на расстоянии до 15 км ($K_c > 2,0$);
- 2) средний - на расстоянии 15 - 40 км ($K_c = 1,5-1,9$);

3) слабый - на расстоянии 40 - 60 км ($K_c = 1,3-1,4$);

4) фоновый - на расстоянии более 60 км от Улан-Удэнского промузла, загрязнение отсутствует ($K_c = 0,8- 1,1$).

Таким образом, определение элементного химического состава хвои сосны показало, что в условиях промышленного загрязнения происходят существенные изменения как в количественном содержании элементов, так и в изменении их соотношений. Дисбаланс элементов проявляется в увеличении концентрации элементов, входящих в состав промышленных эмиссий, и в уменьшении концентрации некоторых биофильных элементов. При этом дисбаланс элементов в хвое обнаруживается уже у древостоев зоны слабого загрязнения.

Помимо выявленных нарушений элементного химического состава хвои, у обследованных деревьев изменяется ряд морфоструктурных параметров:

продолжительность жизни хвои, длина и масса ассимиляционных органов (таблица 4).

В конечном итоге это приводит к снижению продуктивности древостоев – Интегрального показателя жизнедеятельности растений. Так, наиболее значительные количественные изменения морфоструктурных параметров обнаруживаются у древостоев, произрастающих в пределах промзоны г. Улан-Удэ и на расстоянии 15 км от него (с.Эрхирик). У этих насаждений в 1,3-2,0 раза по сравнению с фоновыми параметрами снижена длина побега и хвои, масса хвои побега, число хвоинок на побеге, в 2 раза уменьшается продолжительность жизни хвои на побегах и, соответственно, в 2-2,5 раза возрастает уровень дефолиации крон.

Как следует из полученных результатов, самым худшим состоянием хвои, побегов и крон характеризуются древостой, произрастающие вблизи г. Улан-Удэ.

Таблица 4 - Морфометрические характеристики сосны обыкновенной на разном удалении от Улан-Удэнского промузла

Местоположение ПП, расстояние от Улан-Удэнского промузла, км	Длина побега, мм	Масса хвои побега, г	Число хвоинок на побеге, шт.	Длина хвоинки,	Масса 50 хвоинок, г	Продолжительность жизни хвои, лет	Дефолиация крон, %
г. Улан-Удэ,	112,8±3,2	2,44±0,25	93,3±5,6	42,6±2,5	0,74±0,04	2-3	65
с.Эрхирик, 15 км	111,7±4,8	2,61 ±0,23	107,2±5,8	40,7±3,5	0,79±0,09	3-4	45
п. Онохой, 40 км	122,6±5,2	2,64±0,25	119,1±6,2	53,6±3,5	0,82±0,08	4	30
с. Курба, 60 км	156,7±4,2	4,56±0,35	145,2±7,5	60,5±2,8	0,92±0,09	6	15-20
с. Онинборск, 180 км (фон)	150,6±4,6	4,57±0,32	163,0±4,5	63,5±3,9	0,96±0,09	6	25-30

При удалении от промузла большинство морфометрических показателей деревьев сосны постепенно нормализуется, однако и на расстоянии 40 км от него (п. Онохой) они достоверно отличаются от фоновых значений: морфометрические характеристики понижены здесь в среднем на 20-30 %. Древостой, у которых морфометрические показатели близки к фоновым, обнаруживаются на расстоянии 60 км и более от Улан-Удэнского промузла (с. Курба, с. Онинборск).

Для выявления связей между нарушением химического состава хвои сосны и изменениями морфометрических параметров древостоев был проведен корреляционный анализ. Наиболее высокие коэффициенты корреляции отмечены для древостоев зоны сильного загрязнения (до 15 км от промузла).

Так, содержание серы, фтора, кремния и тяжелых металлов (свинца, железа, ртути) в хвое этих древостоев положительно коррелирует с уровнем дефолиации крон ($r = 0,84-0,96$) и отрицательно - с продолжительностью жизни хвои ($r = -0,82-0,92$), длиной и массой хвои побегов ($r = -0,58-0,63$), числом хвоинок и их длиной ($r = -0,75-0,93$). У древостоев, подвергающихся меньшему воздействию промвыбросов (зона среднего и слабого загрязнения, соответственно, 15-40 и 40-60 км от промузла), теснота корреляционных связей между рассматриваемыми параметрами снижается, а в фоновых условиях (60 -180 км) коэффициенты корреляции недостоверны.

Таким образом, полученные результаты, свидетельствующие о наличии тесной связи между изменениями элементного состава хвои

Хвойные бореальные зоны. 2004. Выпуск

и изменениями ряда морфометрических параметров обследованных сосновых древостоев долины р. Уды, позволяют сделать вывод о том, что на данной территории исследуемый негативный экологический фактор – атмосферное промышленное загрязнение, выступает в роли одного из главных, определяющих их состояние. Кроме того, на основании данных о характере изменений комплекса исследованных параметров представляется возможным оценить физиологическое состояние древостоев. Древостой, произрастающие в пределах Улан-Удэнского промузла и на расстоянии до 15 км, следует отнести к сильно угнетенным, удаленные на расстояние 15-40 км - к среднеугнетенным, 40-60 км - к слабо угнетенным. Состояние древостоев, соответствующее фоновому, обнаруживается на значительном удалении от г. Улан-Удэ - свыше 60 км.

Заключение

В хвое обследованных сосновых древостоев, произрастающих в Западном Забайкалье по долине р. Уды, обнаружен дисбаланс элементного состава, который наиболее сильно проявляется в пределах промзоны г. Улан-Удэ. Нарушение химического состава выражается как в количественном изменении природного содержания элементов, так и в изменении их соотношений, что, в свою очередь, отражается на изменении морфометрических параметров древостоев, большинство из которых значительно снижается. Определены коэффициенты концентрации исследованных элементов в хвое и на этой основе выделены зоны разной степени загрязнения сосновых древостоев – сильной (до 15 км от промузла), средней (15-40 км) и слабой степени (40-60 км), а также фоновые насаждения. Полученные результаты свидетельствуют, что по долине р. Уды распространение аэропромвыбросов и ослабление древостоев обнаруживается на расстоянии до 60 км от промышленной зоны г. Улан-Удэ. Выявленное широкое распространение насаждений, ослабленных воздействием промышленных эмиссий, свидетельствует о снижении их экологических функций, как стабилизирующего компонента всей экосистемы оз. Байкал. Негативное воздействие промышленных эмиссий на основные леса долины р. Уды свидетельствует о необходимости постоянных мониторинговых обследований насаждений. Эта информация представляет интерес и для разработки норм допустимых нагрузок на экосистемы.

Библиографический список

1. Плешанов А. С., Михайлова Т. А. Формализованный метод картографирования загрязнения растительности аэропромвыбросами // Экологические проблемы урбанизированных территорий. - Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 1998.-С. 100-105.
2. Mikhailova T. and Berezhnaya N.. Effects from Industrial Emissions on the Lake Baikal Region Forests. // Global Atmospheric Change and its Impact on Regional Air Quality. Kluwer Academic Publishers. NATO Science Series, IV. Earth and Environmental Sciences - 2002.-Vol. 16.-P. 311-315.
3. Михайлова Т.А. Влияние промышленных выбросов на леса Байкальской природной территории // География и природные ресурсы. - 2003. -№ 1.-С. 51-59.
4. Михайлова Т. А., Бережная Н. С., Игнатьева О. В., Афанасьева Л. В. Изменение баланса элементов в хвое сосны обыкновенной при техногенном загрязнении // Сибирский экологический журнал. - № 6, - 2003.-С. 755-762.
5. Состояние и охрана окружающей среды в Республике Бурятия в 2002 г., Улан-Удэ, 2003.-310с.
6. Инструкция по экспедиционному лесопатологическому обследованию лесов СССР. - М.: Гослесхоз СССР, 1983.-234 с.
7. Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов СССР. - М.: Пушине, ВНИИЛМ, 1987. -45с.
8. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. - Л.: Агропромиздат, Ленингр. отделение, 1987.-43 0с.
9. Геохимия окружающей среды /Сагит Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др. - М.: Недра, 1990.-334 с.
10. Плохинский Н. А. Биометрия. - М./ Изд-во МГУ, 1970.-368 с.
11. Лесные ландшафты Беларуси. - Минск: Наука и техника, 1992. - 295 с.
12. Лукина Н.В., Никонов В.В. Питательный режим лесов северной тайги. - Апатиты, 1998. - 316 с.
13. Сухарева Т.А., Лукина Н.В., Химический состав и морфометрические характеристики хвои ели сибирской на Кольском полуострове в процессе деградиционной сукцессии лесов // Лесоведение. - 2004. - №2. -36-43 с
14. Михайлова Т.А. Эколого-физиологическое состояние лесов, загрязняемых промышленными эмиссиями: Автореферат дис. ... док-ра биол.наук.- Иркутск, 1997. -48 с.

Хвойные бореальные зоны. 2004. Выпуск 2.
15. Кабата-Пендиас Микроэлементы в почвах Мир, 1989.- 439с. А., Пендиас Х., и растениях. - М.:

16. Белоголовое В.Ф. Геохимический атлас г.Улан-Удэ. - Улан-Удэ, 1989. - 51 с

Поступила в редакцию 15 ноября 2004 г.