

УДК 630:81

Р. И. Винокурова, О. В. Лобанова

СПЕЦИФИЧНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНАХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЕЛОВО-ПИХТОВЫХ ЛЕСОВ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

*Выявлена специфичность накопления и распределения макроэлементов в различных органах основных древесных пород елово-пихтовых насаждений Республики Марий Эл. Составлен перечень минимальных значений содержания зольных элементов в хвое текущего года деревьев *Picea abies* и *Abies sibirica*, достаточных для оптимального режима питания в средневозрастных елово-пихтовых насаждениях. Показано, что лиственные породы *Tilia cordata* и *Betula pendula* являются хорошими спутниками деревьев хвойных пород. Опад их листьев, содержащий значительное количество азота, калия и фосфора, повышает почвенное плодородие елово-пихтовых лесов.*

Ключевые слова: елово-пихтовые насаждения, древесные растения, хвойные и лиственные породы, зольные элементы, макроэлементы.

Введение. Изучение химического состава растений является составной частью познания биологического круговорота химических элементов в лесных насаждениях. Химический состав растений представляет интерес и с экологической точки зрения. Обмен веществ в растительных сообществах является предметом специальных исследований, направленных на выяснение особенностей минерального питания растений. Работы в этом направлении чрезвычайно важны для решения проблемы повышения продуктивности лесов, так как поглощение и превращение минеральных веществ является основой регулирования процессов синтеза органического вещества, а также роста и развития растений. Растения ассимилируют химические элементы в других соотношениях, по сравнению с их содержанием в почвах. Именно избирательной способностью растений поглощать те или иные элементы обусловлено накопление в почвах, и особенно в верхних их горизонтах, таких важных элементов плодородия, как N, P, K и др.

Разнообразие химического состава растений свидетельствует о сложной зависимости потребления ими отдельных элементов питания и указывает на необходимость при его изучении учета конкретных условий среды произрастания и функционального различия отдельных органов растений. Установлено, что наибольшее количество зольных элементов и азота поглощают зеленые ассимилирующие органы растений, наименьшее – проводящие одревесневшие ткани. Соотношения поглощаемых элементов, т.е. тип химизма как отдельных органов, так и растений в целом, в значительной степени обусловлены видовой принадлежностью последних.

Целью нашей работы явилось изучение содержания зольных элементов и азота в структурных частях основных видов деревьев елово-пихтовых насаждений для последующего определения параметров биологического круговорота.

Объекты и методы. Объектами исследования были выбраны средневозрастные модельные деревья ели европейской (*Picea abies*) и пихты сибирской (*Abies sibirica*), а

также деревья лиственных пород липы мелколистной (*Tilia cordata*) и березы повислой (*Betula pendula*). Исследуемые деревья отбирали в непосредственной близости к пробной площади (ПП), заложенной в естественном елово-пихтовом лесу Учебно-опытного лесхоза МарГТУ (Кортинское лесничество, квартал 31, выдел 16): состав древостоя 3Е5П2Лп+Б; класс бонитета I; относительная полнота 0,63; A_{cp} 65 лет; H_{cp} 20,1 м; D_{cp} 20,6 см; ТЛУ Д₂; тип леса ЕЛпК. ПП закладывали, руководствуясь методиками [1–3]. На пробной площади проводили сплошной пересчет деревьев по двухсантиметровым ступеням толщины. Полученные данные явились основой для расчетов таксационных показателей древостоя и для выбора средних модельных деревьев: по два дерева *Abies sibirica* и *Picea abies* и по одному дереву *Tilia cordata* и *Betula pendula*.

Выбранные деревья спиливали с корня, замеряли высоту начала кроны и длину ствола. Крону делили на три равные части. Из каждой трети кроны отбирали образцы хвои текущего года и прошлых лет, ветви тонкие (диаметром менее 1 см) и ветви толстые (диаметром 1 и более см). Из ствола выпиливали диски с пня (0,1 м), с высоты 1; 1,3; 3 и т.д. через 2 м. У каждого модельного дерева выкапывали боковой корень [4, 5] для проведения последующего химического анализа.

Влажность определяли по методике, рекомендуемой ГОСТ 16483.7-71 [6]. Определение зольности проводили сжиганием растительной пробы в муфельной печи при температуре не выше 450 °С в течение 6 ч. Количественное содержание кремния, алюминия, железа в образцах золы растений и азота в абсолютно сухих образцах определяли фотометрическим методом; содержание магния, калия, кальция, натрия – методом фотометрии пламени [7].

Обработку данных проводили с помощью пакета стандартных программ (Excel, Statistica). Для проверки значимости различий между элементарным составом структурных частей модельных деревьев был применен однофакторный дисперсионный анализ. О достоверности оценок судили по значению критерия Фишера (F) при доверительной вероятности 95 %.

Результаты и их обсуждение. Анализ полученных результатов показал статистическую достоверность не существенности различий макроэлементного состава структурных частей между модельными хвойными деревьями одного вида, поэтому в табл. 1 приведены средние значения содержания химических элементов в органах хвойных деревьев.

По суммарному содержанию элементов питания в органической массе *Picea abies* первое место занимает хвоя текущего года и прошлых лет (табл. 1). За ней в порядке постепенного обеднения ими следуют тонкие ветви, кора ствола, толстые ветви, корни и древесина ствола. Во всех частях фитомассы *Picea abies* преобладающими элементами являются азот, кальций и калий. В хвое прошлых лет в значительном количестве содержится также кремний. В хвое текущего года количество азота составляет 1,50 – 1,62 % от массы абсолютно сухого вещества, что указывает на достаточно благоприятные условия произрастания этой породы согласно данным Н.И. Казамирова [8] и [9–11]. Определены предельные (минимальные) значения содержания зольных элементов в хвое текущего года деревьев *Picea abies* (N – 1,50; Ca – 0,47; K – 0,85; P – 0,15; Mg – 0,13; Si – 0,05; Al – 0,04; Mn – 0,02; Fe – 0,004; Na – 0,001 % абс. сух.).

Среднее содержание азота и зольных элементов в ветвях *Picea abies* примерно в 1,5 – 2,5 раза меньше, чем в хвое. Наблюдается значительное колебание их количества в зависимости от толщины ветвей. Содержание зольных элементов в тонких ветвях примерно в 2,2 раза больше, чем в толстых, и составляет 0,81 и 0,36 % соответственно, количество калия в 1,6 раза больше; магния – в 1,5 раза; кальция – в 1,2 раза; марганца –

Т а б л и ц а 1

**Среднее содержание химических элементов в органах хвойных деревьев
(% абс. сух.)**

Элемент	Хвоя тек. года	Хвоя прош. лет	Ветви тонкие	Ветви толстые	Древесина	Кора	Корни
<i>Picea abies</i>							
N	1,54	0,96	0,81	0,36	0,23	0,67	0,30
Ca	0,49	0,89	0,71	0,58	0,15	0,42	0,21
K	0,87	0,71	0,28	0,17	0,040	0,096	0,13
Si	0,051	0,37	0,049	0,014	0,006	0,018	0,010
Mg	0,14	0,11	0,077	0,053	0,034	0,062	0,037
P	0,16	0,065	0,078	0,031	0,013	0,018	0,029
Mn	0,023	0,052	0,034	0,016	0,007	0,011	0,008
Al	0,049	0,042	0,024	0,012	0,003	0,004	0,011
Fe	0,005	0,004	0,016	0,008	0,004	0,013	0,004
Na	0,001	0,001	0,012	0,007	0,001	0,002	0,003
<i>Abies sibirica</i>							
N	1,64	1,07	0,88	0,39	0,21	0,73	0,37
Ca	0,45	0,88	0,62	0,56	0,18	0,42	0,28
K	0,70	0,58	0,11	0,077	0,066	0,24	0,18
Si	0,09	0,36	0,048	0,018	0,009	0,018	0,011
Mg	0,12	0,14	0,074	0,035	0,015	0,050	0,046
P	0,088	0,087	0,077	0,047	0,013	0,015	0,030
Mn	0,024	0,057	0,035	0,021	0,008	0,016	0,016
Al	0,044	0,042	0,016	0,020	0,003	0,002	0,010
Fe	0,008	0,013	0,021	0,005	0,003	0,002	0,011
Na	0,002	0,001	0,005	0,007	0,002	0,002	0,003

в 2,1 раза; железа – в 2 раза; алюминия – в 2 раза и натрия – в 1,8 раза. Количество фосфора в тонких ветвях в 2,5 раза больше, чем в толстых, кремния – в 3,4 раза. Содержание азота и зольных элементов в тонких ветвях *Picea abies* понижается в ряду: N > Ca > K > P > Mg > Si > Mn > Al > Fe > Na, в толстых – Ca > N > K > Mg > P > Mn > Si > Al > Fe > Na.

Древесина ствола отличается наиболее низкой зольностью (0,49 %) по сравнению с другими частями фитомассы деревьев *Picea abies*. Содержание азота и зольных элементов в древесине ствола *Picea abies* уменьшается в ряду: N > Ca > K > Mg > P > Mn > Si > Fe > Al > Na. Содержание элементов питания в органической массе стволов колеблется в больших пределах и может быть связано с условиями местопроизрастания [12,13]. Более наглядны в этом отношении данные по содержанию элементов питания в коре стволов *Picea abies* из разных климатических районов. Содержание азота составляет, например, в южной Карелии [8] – 0,43–0,76 %; в Архангельской области [14,15] – 0,42–0,87 %; в Московской области [16] – 0,12–0,36 %. Содержание калия равно 0,18 – 0,22 ; 0,14 – 0,29 и 0,08 – 0,25 % соответственно. Приведенные данные свидетельствуют о важности учета региональных условий произрастания *Picea abies* при оценке параметров биологического круговорота в лесных насаждениях и решения проблем экологического мониторинга.

Сумма зольных элементов в коре в 2,7 раза выше, чем в древесине, и составляет 1,32 %. Общее содержание азота и зольных элементов в корнях *Picea abies* сравнительно небольшое – 0,74 %. Значительная доля из этого количества, как и в вышерассмотренных структурных частях *Picea abies*, принадлежит азоту – 0,30 %.

Наиболее богатая по содержанию зольных элементов часть дерева *Abies sibirica* – хвоя прошлых лет, но азота в ней содержится в 1,5 раза меньше, чем в хвое текущего года (табл. 1). Массовая доля фосфора и алюминия *Abies sibirica* с возрастом хвои не меняется. Содержание остальных элементов в однолетней хвое уменьшается: кальция – в 2 раза, кремния – в 3,7 раза, марганца – в 2,4 раза, железа – в 1,6 раза, магния – в 1,2 раза, натрия – в 2 раза. Исключение составляет калий: его содержание в хвое текущего года увеличивается по сравнению с хвоей прошлых лет.

Пределные (минимальные) значения содержания азота и других зольных элементов (% абс. сух.) в однолетней хвое, произрастающей в насаждениях с оптимальным режимом питания, следующие: N – 1,48; Ca – 0,41; K – 0,41; P – 0,08; Mg – 0,10; Si – 0,09; Al – 0,04; Fe – 0,008; Na – 0,002; Mn – 0,02 %. Как было показано выше, индикатором нормального развития является содержание элементов-органогенов в хвое текущего года *Picea abies*. Можно предположить, что и хвоя текущего года *Abies sibirica* выполняет индикаторную роль.

Далее по суммарному содержанию азота и зольных элементов следуют ветви. Содержание всех элементов, за исключением алюминия и натрия, в тонких ветвях выше, чем в толстых. Порядок расположения элементов по убыванию их содержания в тонких ветвях следующий: N > Ca > K > P > Mg > Si > Mn > Fe > Al > Na. В толстых ветвях ряд химических элементов иной: азот переходит на второе место, уступая кальцию, далее идут калий, магний, фосфор, марганец, кремний, алюминий, железо и натрий. В коре преобладающими элементами являются азот – 0,73, кальций – 0,42 и калий – 0,24 %. В целом, сумма азота и зольных элементов в коре *Abies sibirica* составляет 1,50 %.

Содержание азота и калия в древесине *Abies sibirica* примерно одинаково и составляет 0,20 и 0,17 % соответственно. Содержание остальных элементов незначительно и в сумме составляет лишь 0,11 %. Древесина ствола содержит в три раза меньшее количество макроэлементов, чем кора. Корни по суммарному содержанию химических элементов не отличаются от толстых ветвей и характеризуются следующим порядком расположения элементов: N > Ca > K > Mg > P > Mn > Si > Fe > Al > Na.

Порядок распределения структурных частей фитомассы деревьев *Abies sibirica* по суммарному содержанию в них элементов питания выглядит следующим образом: хвоя прошлых лет > однолетняя хвоя > тонкие ветви > кора ствола > толстые ветви > корни > древесина ствола. В литературе мало данных о химическом составе структурных частей *Abies sibirica* [17], а в рассматриваемом аспекте они отсутствуют.

Самая богатая химическими элементами часть *Tilia cordata* – листва, содержащая значительное количество азота, кальция, калия, фосфора, магния, кремния и алюминия (табл. 2).

Положение листьев в кроне (верхняя, средняя или нижняя ее часть) мало влияет на содержание в ней зольных элементов и азота, что согласуется с данными [16]. По данным [17], в высокопродуктивных насаждениях I и II классов бонитета, растущих на плодородных темно-серых и дерново-подзолистых супесчаных почвах, содержание азота в листьях *Tilia cordata* составляет 2,47 – 2,70 % от массы абсолютно сухого вещества листвы. Среднее содержание азота в листьях *Tilia cordata*, произрастающей в елово-пихтовых лесах Республики Марий Эл, составляет 2,50 %.

По содержанию кальция *Tilia cordata* можно отнести к явным кальциефилам, ее листья содержат в среднем 1,11 % кальция. Листья *Tilia cordata* содержат значительное количество калия – 1,00; фосфора – 0,19; магния – 0,16; кремния – 0,13 и алюминия – 0,11 %.

Значительное количество химических элементов содержится в тонких ветвях

Т а б л и ц а 2

Среднее содержание зольных элементов и азота в структурных частях лиственных деревьев (% абс. сух.)

Элемент	Листья	Ветви тонкие	Ветви толстые	Древесина	Кора	Корни
<i>Tilia cordata</i>						
N	2,50	0,75	0,69	0,06	0,81	0,90
Ca	1,11	0,51	0,77	0,069	0,59	0,82
K	1,00	0,46	0,27	0,071	0,27	0,41
Si	0,14	0,076	0,014	0,012	0,18	0,083
Mg	0,16	0,10	0,086	0,042	0,08	0,10
P	0,19	0,15	0,092	0,014	0,14	0,074
Mn	0,056	0,021	0,017	0,003	0,015	0,005
Al	0,11	0,051	0,021	0,027	0,061	0,19
Fe	0,014	0,006	0,003	0,002	0,012	0,021
Na	0,006	0,004	0,002	0,002	0,003	0,003
<i>Betula pendula</i>						
N	2,36	0,91	0,42	0,24	0,46	0,75
Ca	0,68	0,53	0,33	0,045	0,11	0,27
K	0,60	0,26	0,13	0,041	0,096	0,18
Si	0,069	0,018	0,011	0,004	0,014	0,034
Mg	0,44	0,19	0,088	0,039	0,073	0,046
P	0,20	0,075	0,048	0,015	0,038	0,108
Mn	0,10	0,051	0,035	0,002	0,036	0,026
Al	0,14	0,012	0,008	0,013	0,020	0,148
Fe	0,007	0,005	0,002	0,002	0,002	0,022
Na	0,009	0,01	0,006	0,001	0,005	0,004

(2,12 %). Общее количество этих элементов в толстых ветвях в 1,8 раза меньше. Суммарное содержание химических элементов в древесине ствола *Tilia cordata* составляет лишь 0,30 %. Из этого количества на калий приходится 0,070, кальций – 0,069, азот – 0,060 и магний – 0,042 %. В коре ствола сумма рассмотренных химических элементов в 7,5 раза больше. В корнях деревьев *Tilia cordata* содержится значительное количество азота – 0,89; кальция – 0,81; калия – 0,41; алюминия – 0,19 и магния – 0,10 %.

Порядок распределения органов *Tilia cordata* по уменьшению суммарного содержания макроэлементов выглядит следующим образом: листья > ветви тонкие > корни > кора > ветви толстые > древесина. *Tilia cordata* может быть хорошей спутницей деревьев хвойных пород *Picea abies* и *Abies sibirica*. Опад ее листьев, содержащий значительное количество азота, калия и фосфора, повышает почвенное плодородие елово-пихтовых лесов и поэтому должен благоприятно сказаться на режиме питания *Picea abies* и *Abies sibirica*.

Для листьев *Betula pendula* елово-пихтовых насаждений (табл. 2) характерно накопление относительно большого количества азота – 2,36; кальция – 0,67; калия – 0,60; магния – 0,44; фосфора – 0,19 %. *Betula pendula*, как и *Tilia cordata*, выступает как явный кальциефил. Отличительной особенностью химического состава листьев *Betula pendula* является также низкое содержание кремния – 0,069 %.

Содержание химических элементов в тонких ветвях в 1,6–2,6 раза больше, чем в толстых. Наименьшим содержанием азота и зольных элементов характеризуется древесина ствола, суммарное содержание элементов в которой составляет 0,39 % от абсолютно сухой массы древесины. Корни *Betula pendula* отличаются сравнительно высокой зольностью – 1,58 % и значительным содержанием азота – 0,74 %.

Betula pendula, произрастающая в елово-пихтовом лесу Республики Марий Эл, во многом сходна по химическому составу с деревьями этой породы других почвенно-климатических условий. Содержание азота в ее листьях, например, в условиях Великолукской [8], Вологодской [18] и Московской [3] областей, а также в условиях Карелии [16] колеблется в пределах 2,09–2,37; калия – 0,73–1,26; фосфора – 0,15–0,29 и кальция – 0,61–1,22 %.

Последовательность расположения органов *Betula pendula* в порядке уменьшения суммарного содержания макроэлементов следующая: листья > ветви тонкие > корни > ветви толстые > кора > древесина. *Betula pendula* повышает содержание элементов в почве, что благоприятно сказывается на режиме питания хвойных деревьев.

При сравнении содержания химических элементов в различных фракциях фитомассы лиственных пород с хвойными породами следует, что наибольшим содержанием химических элементов отличается листва (хвоя). Максимум содержания азота и зольных элементов приходится на листья *Tilia cordata*, далее идут листья *Betula pendula*, затем хвоя *Picea abies* и *Abies sibirica*. Отличительной особенностью хвойных деревьев является значительное содержание кремния в хвое прошлых лет, в среднем, в 3 – 5 раз превышающее его содержание в листьях *Tilia cordata* и *Betula pendula*. Доля основных элементов питания (N, P, K, Mg, Ca) наибольшая в хвое текущего года и прошлых лет, тогда как доля натрия в хвое минимальная. Кремний накапливается в хвое прошлых лет. У всех рассматриваемых пород деревьев содержание химических элементов в ветвях примерно одинаково, причем их сумма в тонких ветвях выше, по сравнению с толстыми. Порядок расположения хвойных и лиственных пород деревьев по уменьшению суммарного содержания азота и зольных элементов в ветвях выглядит следующим образом: *Tilia cordata* > *Picea abies* > *Betula pendula* > *Abies sibirica*.

Количество макроэлементов в коре и древесине далеко не одинаково. Кора ствола *Tilia cordata* отличается самым большим содержанием рассмотренных элементов, за исключением железа, натрия и марганца. Железо и натрий в большей степени накапливаются в коре *Picea abies*, максимальное количество марганца характерно для коры *Abies sibirica*.

У всех рассмотренных пород деревьев суммарное содержание азота и зольных элементов в коре в 2–7 раз больше, чем в древесине. Поэтому, несмотря на то, что кора составляет сравнительно небольшую долю массы дерева и ствола, она обладает значительным запасом элементов питания. В корнях лиственных деревьев преобладающими элементами являются азот, калий, фосфор, магний, кремний, алюминий и железо.

Выводы.

1. Выявлена специфичность суммарного содержания макроэлементов в органах изученных пород деревьев:

хвоя (листь): *Tilia cordata* > *Betula pendula* > *Picea abies* > *Abies sibirica*;

ветви: *Tilia cordata* > *Picea abies* > *Betula pendula* > *Abies sibirica*;

древесина: *Abies sibirica* > *Picea abies* > *Betula pendula* > *Tilia cordata*;

кора: *Tilia cordata* > *Abies sibirica* > *Picea abies* > *Betula pendula*;

корни: *Tilia cordata* > *Betula pendula* > *Abies sibirica* > *Picea abies*.

2. Органы отдельных пород деревьев по содержанию макроэлементов располагаются в ряды:

Picea abies: хвоя > ветви > кора > корни > древесина;

Abies sibirica: хвоя > ветви > кора > корни > древесина;

Betula pendula: листья > корни > кора > ветви > древесина;

Tilia cordata: листья > ветви > корни > кора > древесина.

3. Опад листьев *Tilia cordata* и *Betula pendula*, богатый азотом, калием и фосфором, повышает содержание этих элементов в почве и определяет благоприятный режим питания хвойных деревьев *Picea abies* и *Abies sibirica*.

4. Составлен перечень предельных (минимальных) значений содержания зольных элементов в хвое текущего года деревьев *Picea abies* (N – 1,50; Ca – 0,47; K – 0,85; P – 0,15; Mg – 0,13; Si – 0,05; Al – 0,04; Mn – 0,02; Fe – 0,004; Na – 0,001 % абс. сух.) и *Abies sibirica* (N – 1,48; Ca – 0,41; K – 0,41; P – 0,08; Mg – 0,10; Si – 0,09; Al – 0,04; Mn – 0,02; Fe – 0,008; Na – 0,002 % абс. сух.), достаточных для оптимального режима питания в средневозрастных елово-пихтовых насаждениях.

5. Показана статистическая достоверность не существенности различий макроэлементного состава между модельными хвойными деревьями одного вида. Последнее имеет большое практическое значение, так как позволяет значительно упростить биогеохимические исследования и для оценки макроэлементного состава достаточно использовать одно среднее модельное дерево на пробной площади, которое будет отражать среднее содержание макроэлементов всех деревьев данного вида, произрастающих в сходных экологических условиях.

Список литературы

1. Родин, Л.Е. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л.Е. Родин, Н.П. Ремезов, Н.И. Базилевич. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.
2. Гришина, Л.А. Учет биомассы и химический анализ растений / Л.А. Гришина, Е.М. Самойлова. – М.: МГУ, 1971. – 99 с.
3. Ремезов, Н.П. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах европейской части СССР / Н.П. Ремезов, Л.Н. Быкова, К.М. Смирнова. – М.: Изд-во МГУ, 1959. – 284 с.
4. А.с. 435788 СССР. Способ подготовки растительных проб к анализу / Д.П. Митрофанов. – Бюл., 1974. – № 26.
5. Программа и методика биогеоценотических исследований. – М.: Наука, 1966. – 334 с.
6. ГОСТ 16483.7 – 71. Древесина. Методы определения влажности // Древесина. Отбор проб и методы испытаний. – М.: Изд - во стандартов, 1982. – С. 4-17.
7. Методы биогеохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, Ленингр.отд - ние, 1987. – 450 с.
8. Казимиров, Н.И. Биологический круговорот в ельниках Карелии / Н.И. Казимиров, Р.И. Морозова. – Л.: Наука, 1973. – 174 с.
9. Силкина, О.В. Экологофизиологическое состояние хвои деревьев и растений подроста *Abies sibirica* и *Picea abies* в сезонной динамике / О.В. Силкина, Р.И. Винокурова, А.И. Винокуров, В.З. Латыпова // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2006. – № 2. – С. 62-66.
10. Силкина, О.В. Фитопродуктивность и особенности роста и развития хвои деревьев пихты сибирской (*Abies sibirica*) и ели европейской (*Picea abies*) / О.В. Силкина, Р.И. Винокурова, А.И. Винокуров // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Материалы IV Всероссийской конференции с международным участием. – Йошкар-Ола, 2010. – С. 267-270.
11. Винокурова, Р.И. Ростовые характеристики хвои деревьев пихты сибирской (*Abies sibirica*) и ели европейской (*Picea abies*) / О.В. Силкина, Р.И. Винокурова // Вестник МАРГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2008. – № 2. – С.40-50.
12. Małek, S. Content of macronutrients in needles and litterfall in Norway spruce stands of different age in the Potok Dupniafski catchment, the Silesian Beskid / S. Małek, Ł. Grabowski // Folia Forestalia Polonica, series A/ – 2010. – Vol. 52 (2). – P. 67–75.
13. Małek, S. Stability of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stands in the Beskid Śląski and Beskid Żywiecki Mts. from the aspect of their nutrition status / J. Barszcz, S. Małek // Journal of forest science. – 2008(2). – Vol. 54. – P. 41–48.

14. *Марченко, А.И.* Минеральный обмен в еловых лесах северной тайги и лесотундры Архангельской области / А.И. Марченко, Е.И. Карлов // Почвоведение. – 1962. – № 7. – С.52 - 67.
15. *Руднева, Е.Н.* Круговорот зольных элементов и азота в ельнике - зеленомошнике Северной тайги бассейна р. Мезень / Е.Н. Руднева, В.Д. Тонконогов, К.Д. Дорогова // Почвоведение. – 1966. – № 3. – С. 14 - 26.
16. *Семенова, В.Г.* Влияние рубок главного пользования на почвы и круговорот веществ в лесу / В.Г. Семенова. – М.: Лесн. промышленность, 1975. –184 с.
17. *Гирс, Г.И.* Содержание азота и зольных элементов в органах древесных растений России / Г.И. Гирс. – Красноярск, 1998. – 76 с. – Препринт.
18. *Паршевников, А.Л.* Круговорот азота и зольных элементов в связи со сменой пород в лесах средней тайги / А.Л. Паршевников // Тр. / Ин-т леса АН СССР. – 1962. – Т. 52. – С. 196 - 210.

Статья поступила в редакцию 24.06.11.

Работа выполнена при поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. в рамках гранта № НК-545П (государственный контракт П738 от 20.05.2010).

R. I. Vinokurova, O. V. Lobanova

SPECIFICITY OF DISTRIBUTION OF MACROCELLS IN PARTS OF WOOD PLANTS OF SPRUCE-FIR FORESTS IN THE REPUBLIC OF MARI EL

Specificity of accumulation and distribution of macroelements in various parts of the basic wood species of spruce and fir plantations in Mari El Republic is revealed. The list of the minimum values of the ash elements content in the needles of the current year of Picea abies and Abies sibirica trees is made, the values are sufficient for optimum nutrition in the middle-aged spruce and fir plantations. It is shown that such hardwoods as Tilia cordata and Betula pendula are good companions of the conifers. The leaf fall of the trees which contains a significant amount of nitrogen, potassium and phosphorus improves soil fertility of the spruce and fir forests.

Key words: *spruce and fir plantations, woody plants, conifers and hardwoods, ash elements, macroelements.*

ВИНОКУРОВА Раиса Ибрагимовна – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой химии МарГТУ. Область научных интересов – биогеохимия, биологический круговорот веществ, экология и физиология древесных растений. Автор более 150 публикаций, в том числе пяти монографий.

E-mail: VinokurovaRI@marstu.net

ЛОБАНОВА Ольга Васильевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры химии МарГТУ. Область научных интересов – биогеохимия, биологический круговорот веществ, экология и физиология древесных растений. Автор более 20 публикаций.

E-mail: LobanovaOV@marstu.net