

Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г.Петрозаводск, пр.Ленина,33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

№ 4 (42). Декабрь, 2021

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов

Редакционная коллегия

Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
А. М. Макаров
А. Ю. Мейгал
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов
A. Gugolek B.
J. B. Jakovlev
R. Krasnov
J. P. Kurhinen

Службы поддержки

А. А. Зорина
А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г.Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>





УДК 630*1; 581.192

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ В ЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ ПОСЛЕРУБОЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

ПРИСТОВА

Татьяна Александровна

кандидат биологических наук, Институт биологии Коми НЦ УрО
РАН, pristova@ib.komisc.ru

Ключевые слова:
средняя тайга
лиственные леса
элементный состав
растений

Аннотация: Изучен элементный состав шести видов дикорастущих лесных растений, произрастающих в разновозрастных лиственных лесах послерубочного происхождения, относящихся к 6 семействам: Ericaceae (*Vaccinium vitis-idaea*), Juncaceae (*Juncus filiformis*), Polytrichaceae (*Polytrichum commune*), Sphagnaceae (*Sphagnum magellanicum*), Salicaceae (*Salix caprea*), Betulaceae (*Betula pendula*). Определена концентрация 14 химических элементов: Mg, Ca, K, Na, Mn, Fe, Al, S, P, Cu, Zn, Ni, Cd, Pb. Установлено, что среди исследуемых растений наиболее высоким содержанием большинства определяемых элементов отличаются листья ивы и березы, низким – брусника и кукушкин лен. Суммарная концентрация определяемых элементов в растениях исследуемых лиственных фитоценозов изменяется от 1.4 до 3.6 % а.с.в. Доминирующими элементами в минеральном составе изучаемых видов растений являются Ca и K, на которые приходится более половины от суммарного количества определяемых элементов. Концентрация Cu, Zn, Na, Fe, Al, Ni, Cd, Pb в изучаемых видах растений, как правило, не превышает 8 % от суммарного количества определяемых элементов. Выявлено различие в химическом составе между растениями одного вида, произрастающими в березово-еловом молодняке и осиново-березовом насаждении. Установлено, что для большинства изучаемых видов суммарное содержание и концентрация ряда элементов в осиново-березовом насаждении выше, чем в молодняке, что обусловлено возрастом древостоев и экологической изменчивостью. Для исследуемых видов растений превышения ПДК по тяжелым металлам практически не наблюдается, поэтому полученные данные могут быть использованы при проведении экологического мониторинга в лиственных лесах.

© Петрозаводский государственный университет

Получена: 18 июня 2021 года

Подписана к печати: 12 октября 2021 года

Введение

Химический состав растений определяется видоспецифичностью и может зависеть от фазы их развития, ряда факторов окружающей среды, природно-климатических и ландшафтно-геохимических условий произрастания (Перельман, 1961). Изменчивость в содержании химических элементов в лесных растениях может быть экологической, сезонной, индивидуальной (Митрофанов,

1977). Антропогенное влияние на элементный состав растений различно. Например, это могут быть выбросы промышленных предприятий, которые приводят к накоплению тяжелых металлов в растениях (Ильин, 1991). Однако возможно косвенное влияние, в частности рубка лесов и последующее формирование лиственных фитоценозов на месте хвойных, которое приводит к изменению видового состава и условий местообитания растений (Дегтева, 2002). Кроме того,

в настоящее время существует проблема, связанная с отсутствием ПДК для некоторых элементов в растениях при проведении экологического мониторинга территорий, имеющих техногенную нагрузку, и оценке растительного сырья (Гигиенические..., 2002), и для этих целей могут использоваться данные об их содержании в растениях, прирастающих на фоновых территориях (Шелепова, Пименова, 2007). Химический (минеральный) состав различных видов растений в бореальных лесах изучается как в России, так и за рубежом (Guha, Mitchell, 1965; Ильин, 1991; Reimann, 2001; Tamminen et al., 2004; Шелепова, Пименова, 2007; Melvin, 2015; Первышина и др., 2002). Исследования химического состава растений в хвойных лесах среднетаежной зоны проведены в Республике Карелия (Казимиров, Морозова, 1973), Республике Коми (Продуктивность..., 1975; Осипов и др., 2014; Робакидзе и др., 2020). В лиственных насаждениях послерубочного происхождения они проводятся реже (Казимиров и др., 1978; Пристова, 2008; Бобкова, Лиханова, 2019). Цель исследования состояла в оценке химического состава и накопления минеральных элементов в растениях, произрастающих в разновозрастных лиственных фитоценозах послерубочного происхождения.

Материалы

Сбор растений проводили в Княжпогостском районе Республики Коми на территории Кылтовского участкового лесничества ГУ РК «Железнодорожное лесничество» в березово-еловом молодняке разнотравном (12 лет), осиново-березовом насаждении разнотравно-черничного типа (40 лет), до рубки на их месте произрастали ельники (62°19' с. ш. 50°55' в. д.) (Лесохозяйственный регламент..., 2008). Подробная таксационная характеристика этих объектов приведена ранее (Пристова, 2019). Объектами изучения были надземные части наиболее распространенных и часто встречающихся в исследуемых лесах 6 видов дикорастущих растений, относящихся к 6 семействам: 1. *Vaccinium vitis-idaea* L. сем. Ericaceae – брусника обыкновенная; 2. *Juncus filiformis* L., сем. Juncaceae – ситник нитевидный; 3. *Polytrichum commune* Hedw., сем. Polytrichaceae – кукушкин лен; 4. *Sphagnum magellanicum* Brid., сем. Sphagnaceae – сфагнум магелланский; 5. *Salix caprea* L., сем. Salicaceae – ива козья (листья); 6. *Salix caprea* L., сем. Salicaceae – ива козья (ветви);

7. *Betula pendula* Ehrh., сем. Betulaceae – береза бородавчатая (листья).

Методы

Отбор растительных образцов производился в III декаде июля в 20-кратной повторности. Для анализа отбирали средние пробы надземной части растений, которые высушивали при 105 °С до абсолютно-сухого состояния и измельчали. Минерализацию проб проводили по ПУ 01-05 «Методические указания по проведению разрушения органических веществ в природных, питьевых, сточных водах и пищевых продуктах на микроволновой системе «Минотавр-2»». В растительных пробах методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС ИСП) были определены 14 элементов: Cu, Zn, Mg, Ca, K, Na, Mn, Fe, Al, S, P, Ni, Cd, Pb. Количественный состав растений определялся в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН, аккредитованной в Системе аккредитации аналитических лабораторий (аттестат № РОСС RU.0001.511257 от 2008 г.). Концентрация элементов представлена мг/кг и % абсолютно-сухого вещества (а. с. в.)

Результаты

Результаты исследования показали, что исследуемые виды растений, произрастающие в лиственных лесах послерубочного происхождения, отличаются по уровню аккумуляции элементов. Высоким содержанием большинства определяемых элементов отличаются листья ивы и березы, низким – брусника и кукушкин лен (табл. 1, 2). Помимо листьев ивы и березы, относительно много калия накапливается в ситнике и кукушкином льне (≥ 10000 мг/кг), кальция – в ветвях ивы (≥ 12000 мг/кг), магния – в сфагнуме (≥ 2000 мг/кг), марганца – в бруснике (≥ 1700 мг/кг), серы – в ситнике (≥ 1600 мг/кг), натрия – в сфагнуме (≥ 300 мг/кг) (см. табл. 1). Другими исследователями также показаны высокие концентрации калия, магния, кальция для листьев березы (Guha, Mitchell, 1965; Первышина и др., 2002), марганца для брусники (Ingestad, 1973; Робакидзе, 2020), натрия для сфагнума (Бобкова, Лиханова, 2019).

Наиболее высоким содержанием железа (≥ 180 мг/кг), алюминия (≥ 470 мг/кг) и никеля (≥ 7 мг/кг) отличаются кукушкин лен и сфагнум; цинка (≥ 92 мг/кг) – листья и ветви ивы, листья березы; меди (≥ 8 мг/кг) – ситник, листья и ветви ивы (см. табл. 2). Повы-

Таблица 1. Содержание элементов в надземной части исследованных растений, мг/кг а. с. в.

Вид растения	Cu	Zn	Na	Fe	Al	Ni	Cd	Pb
Осиново-березовое насаждение								
Брусника	7 ± 2	40 ± 8	50 ± 20	230 ± 70	410 ± 110	3 ± 1	<0.2	<1
Ситник	10 ± 2	67 ± 14	45 ± 17	440 ± 12	940 ± 235	4 ± 1	0.2 ± 0.1	1.3 ± 0.3
Кукушкин лен	7 ± 1	43 ± 9	74 ± 30	180 ± 54	710 ± 180	10 ± 3	<0.2	<1
Сфагнум	5 ± 1	64 ± 13	350 ± 140	290 ± 140	470 ± 120	8 ± 2	<0.2	<1
Ива (листья)	4 ± 1	140 ± 28	100 ± 40	58 ± 16	34 ± 9	7 ± 2	<0.2	<1
Ива (ветви)	5 ± 1	230 ± 50	58 ± 23	47 ± 13	35 ± 9	4 ± 1	<0.2	<1
Береза (листья)	5 ± 1	150 ± 30	50 ± 20	78 ± 22	44 ± 16	12 ± 4	<0.2	<1
Березово-еловый молодняк								
Брусника	4 ± 1	27 ± 5	23 ± 9	170 ± 50	380 ± 95	3 ± 1	<0.2	<1
Ситник	8 ± 2	70 ± 14	40 ± 16	700 ± 200	860 ± 215	5 ± 2	0.2 ± 0.1	1.5 ± 0.4
Кукушкин лен	7 ± 1	46 ± 9	220 ± 90	170 ± 60	1000 ± 400	4 ± 1	0.2 ± 0.1	<1
Сфагнум	4 ± 1	76 ± 15	300 ± 120	460 ± 138	720 ± 180	7 ± 2	0.2 ± 0.1	<1
Ива (листья)	10 ± 2	92 ± 18	21 ± 9	120 ± 30	49 ± 12	2 ± 0.8	<0.2	<1
Ива (ветви)	18 ± 4	260 ± 50	37 ± 15	87 ± 24	28 ± 7	2 ± 0.7	0.2 ± 0.1	<1
Береза (листья)	5 ± 1	230 ± 50	16 ± 6	82 ± 23	50 ± 13	3 ± 0.9	0.4 ± 0.2	<1
Содержание в растениях (Ильин, 1991)	6–15	25–250	–	200	–	0–8	0–0.5	2–14
ПДК (Гигиенические требования..., 2002)	100	–	–	50	–	–	1	10

Примечание. – нет данных.

шенное содержание Al, Fe и Ni отмечается в растениях рода *Sphagnum* в хвойных лесах Финляндии (Tammunen et al., 2004). Самая низкая концентрация в изучаемых видах растений характерна для Cd (≤ 0.4 мг/кг) и Pb (≤ 1.5 мг/кг).

Сумма определяемых элементов в растениях исследуемых лиственных фитоценозов изменяется от 14188 до 35695 мг/кг, или в процентном выражении – от 1.4 до 3.6% а. с. в. (рисунок). Довольно близкие показатели по сумме элементов в процентах а. с. в. приводятся для изучаемых видов другими исследователями (Продуктивность..., 1975; Казимиров и др., 1978).

Доминирующими элементами в минеральном составе изученных видов растений являются Са и К. На них приходится более половины суммарного количества определяемых элементов. На долю кальция в растениях приходится от 15 до 38 %, калия – от 21 до 52 % от суммы определяемых элементов. Содержание Са + К может достигать 83 % от суммы элементов. Концентрация Си,

Zn, Na, Fe, Al, Ni, Cd, Pb в изучаемых видах растений, как правило, не превышает 8 % от суммы элементов. Наибольшим содержанием этих элементов отличаются сфагнум, кукушкин лен и ситник.

Обсуждение

Как известно, на химический состав растений оказывают влияние конкретные условия прирастания. Эти различия могут быть значительны даже в пределах двух рядом расположенных участков леса и определяются экологической изменчивостью (Митрофанов, 1977). Сопоставляя суммарную концентрацию элементов в растениях исследуемых лиственных фитоценозов, можно отметить, что для одного и того же вида этот показатель различается. В средневозрастном осиново-березовом насаждении суммарное содержание элементов в сфагнуме, кукушкином лье, листьях березы, брусники и ветвях ивы выше, а в ситнике и листьях ивы ниже, чем в березово-еловом молодняке (см. рисунок). Это обусловлено тем, что для боль-

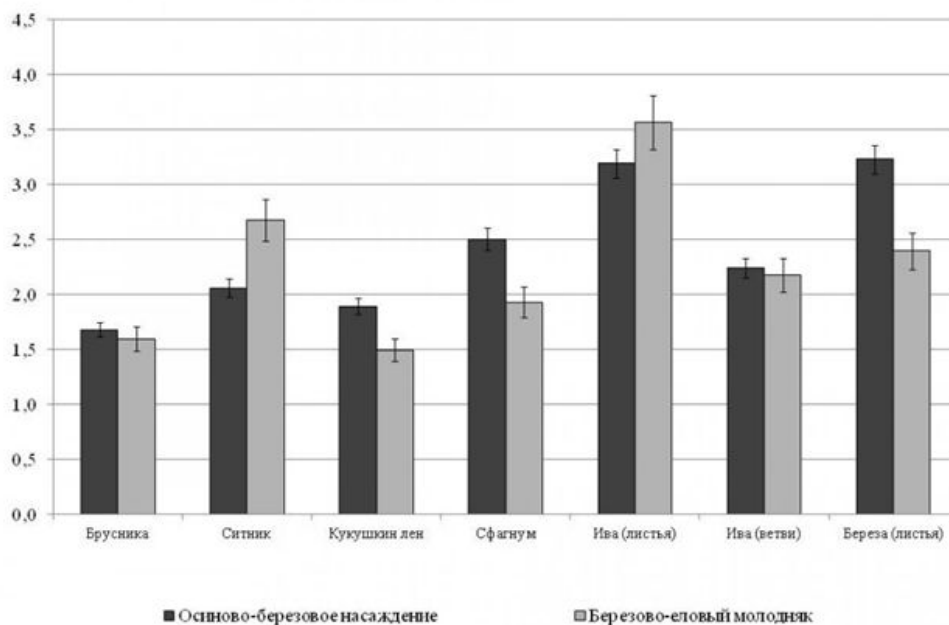
Таблица 2. Содержание элементов в надземной части исследованных растений, мг/кг а. с. в

Вид растения	Mg	Ca	K	Mn	P	S
Осиново-березовое насаждение						
Брусника	1500 ± 400	5600 ± 1700	4800 ± 1900	1800 ± 500	1200 ± 400	1200 ± 400
Ситник	1600 ± 500	3000 ± 1000	10000 ± 4000	1100 ± 300	1800 ± 540	1600 ± 400
Кукушкин лен	1300 ± 390	3100 ± 930	9800 ± 3920	250 ± 75	2100 ± 630	1400 ± 420
Сфагнум	2090 ± 630	7700 ± 2300	10100 ± 4000	600 ± 180	1800 ± 540	1400 ± 420
Ива (листья)	2600 ± 800	12000 ± 4000	11000 ± 4000	1350 ± 400	3400 ± 1000	1800 ± 500
Ива (ветви)	1500 ± 450	14000 ± 4200	4800 ± 1920	140 ± 40	1000 ± 300	650 ± 190
Береза (листья)	4000 ± 1200	12000 ± 4000	10000 ± 4000	1400 ± 120	3300 ± 1000	1300 ± 400
Березово-еловый молодняк						
Брусника	1100 ± 300	6500 ± 2000	3900 ± 1600	1800 ± 500	1000 ± 300	1100 ± 300
Ситник	1600 ± 500	4100 ± 8100	13000 ± 5200	1700 ± 510	3000 ± 900	1700 ± 500
Кукушкин лен	1100 ± 330	2600 ± 780	5800 ± 2320	560 ± 168	1300 ± 390	950 ± 285
Сфагнум	1600 ± 480	5200 ± 1560	7200 ± 2880	1200 ± 360	1500 ± 500	1080 ± 324
Ива (листья)	2100 ± 600	6500 ± 1900	17000 ± 7000	1800 ± 540	5300 ± 1600	2700 ± 800
Ива (ветви)	930 ± 280	12000 ± 4000	5900 ± 2400	150 ± 50	1600 ± 500	830 ± 250
Береза (листья)	3500 ± 1000	5800 ± 1700	9000 ± 4000	1300 ± 400	2500 ± 700	1500 ± 400

шинства исследуемых видов концентрация элементов в березово-еловом молодняке ниже, чем в осиново-березовом насаждении (см. табл. 1, 2).

Кроме того, процентное соотношение элементов в их суммарном количестве для каждого вида в исследуемых насаждениях различно. Например, доля кальция в сумме определяемых элементов в листьях ивы и березы, произрастающих в осиново-березовом насаждении, в среднем на 14 % выше, а калия в листьях ивы на 14 % ниже, чем в березово-еловом насаждении. Это обусловлено различием в возрасте деревьев. Как известно, с увеличением возраста древостоев содержание кальция в их надземной фитомассе увеличивается (Митрофанов, 1977). Доля марганца в суммарном количестве определяемых элементов для отдельных видов растений в обоих лиственных насаждениях приблизительно одинакова, за исключением мхов. Это связано с тем, что Mn отличается

меньшей экологической изменчивостью по сравнению с другими элементами (Митрофанов, 1977). Являясь одним из важнейших микроэлементов, уровень его содержания зависит от наличия доступной формы в почве (Перельман, 1961). Доля магния в сумме определяемых элементов во всех изучаемых видах практически одинакова и составляет в среднем 7–8 %. Это подтверждается исследованиями Д. П. Митрофанова (1977), проведенными в лесах Сибири (Митрофанов, 1977). Исключение составляют листья березы в березово-еловом молодняке, в которых доля магния в общей сумме элементов в 2 раза выше. Это объясняется возрастом деревьев березы в молодняке и связанным с ним более низким содержанием кальция, о котором упоминалось выше. При этом непосредственно концентрация Mg в листьях березы в березово-еловом молодняке несколько ниже, чем в осиново-березовом насаждении (см. табл. 2). Следует отметить, что



Суммарное содержание элементов в исследуемых растениях, произрастающих в осиново-березовом насаждении и березово-еловом молодняке, % а. с. в.

Total content of elements in the studied plants growing in the aspen-birch plantation and birch-spruce young stand, % of dry matter

для некоторых элементов в изученных видах растений различия между березово-еловым молодняком и осиново-березовым насаждением статистически незначимы ($p < 0.05$). Таким образом, химический состав одних и тех же видов растений, произрастающих в березово-еловом молодняке и осиново-березовом насаждении, различен и обусловлен возрастом древостоев и экологической изменчивостью.

Особенности химического (элементного) состава систематических групп растений проявляются достаточно отчетливо в любых условиях их существования (Перельман, 1961). Поэтому аккумулятивный ряд элементов для каждого вида изученных растений, независимо от типа леса, идентичен и имеет следующий вид:

1. *Vaccinium vitis-idaea* Ca > K > Mn > Mg > P > S > Al > Fe > Na > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd

2. *Juncus filiformis* K > Ca > P > Mn > Mg > S > Al > Fe > Zn > Na > Cu > Ni > Pb > Cd

3. *Polytrichum commune* K > Ca > P > S > Mg > Al > Mn > Fe > Na > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd

4. *Sphagnum magellanicum* K > Ca > Mg > P > S > Mn > Fe > Al > Na > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd

5. *Salix caprea* (листья) Ca > K > Mg > P > S > Mn > Zn > Fe > Na > Al > Cu > Ni > Pb > Cd

6. *Salix caprea* (ветви) Ca > K > Mg > P > S > Mn > Zn > Fe > Al > Na > Cu > Ni > Pb > Cd

7. *Betula pendula* (листья) Ca > K > Mg > P > S > Mn > Zn > Fe > Al > Na > Cu > Ni > Pb > Cd

Согласно представленным рядам исследуемые виды растений по сочетанию доминирующих элементов делятся на 2 группы: 1) K > Ca > P(Mg) характерен для *Juncus filiformis*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum magellanicum*; 2) Ca > K > Mg(Mn) – *Salix caprea* (листья и ветви), *Betula pendula* (листья), *Vaccinium vitis-idaea*.

Содержание тяжелых металлов в исследуемых растениях практически не превышает ПДК (Гигиенические требования..., 2002). Концентрация элементов для большинства исследуемых видов находится в пределах нормы (Ильин, 1991).

Заключение

Определена концентрация 14 элементов (Mg, Ca, K, Na, Mn, Fe, Al, S, P, Cu, Zn, Ni, Cd, Pb) в наземной фитомассе шести видов растений, относящихся к семействам Juncaceae, Ericaceae, Salicaceae, Polytrichaceae, Sphagnaceae, Betulaceae, произрастающих в березово-еловом молодняке и осиново-березовом насаждении послерубочного происхождения средней тайги Республики Коми.

Установлено высокое суммарное содержание определяемых элементов в листьях растений семейств Salicaceae (*Salix caprea*) и Betulaceae (*Betula pendula*), низкое – для представителей семейств Polytrichaceae (*Polytrichum commune*) и Ericaceae (*Vaccinium myrtillus*). Наиболее высокая концентрация в изучаемых видах растений отмечена для Ca, K, P, S и Mg (≥ 930 мг/кг), низкая – для Ni, Pb, Cd, Cu (≤ 18 мг/кг). Более половины суммарного количества определяемых элементов приходится на Ca и K. Содержание Cu, Zn, Na, Fe, Al, Ni, Cd, Pb в изучаемых видах растений составляет около 8 % от суммарного содержания определяемых элементов.

Выявлено различие в химическом составе между растениями, произрастающими в бе-

резово-еловом молодняке и осиново-березовом насаждении. При этом аккумулятивный ряд содержания элементов для каждого исследуемого вида растения в них идентичен. Установлено, что для большинства изучаемых видов суммарное содержание и концентрация ряда элементов в осиново-березовом насаждении выше, чем в молодняке, что обусловлено возрастом древостоев и экологической изменчивостью.

Для исследуемых видов растений в условиях средней тайги Республики Коми практически не выявлено превышение ПДК по тяжелым металлам, поэтому полученные данные могут быть использованы при проведении экологического мониторинга в лиственных лесах.

Библиография

- Бобкова К. С., Лиханова Н. В. Потоки азота и зольных элементов в системе почва – фитоценоз на вырубках среднетаежных ельников Республики Коми // Лесоведение. 2019. № 6. С. 512–523.
- Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (СанПин3.2 1078-01) . М.: Минздрав России, 2002. 74 с.
- Дегтева С. В. Лиственные леса подзон южной и средней тайги Республики Коми : Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2002. 37 с.
- Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение . Новосибирск, 1991. 151 с.
- Казимиров Н. И., Морозова Р. М. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии . Л.: Наука, 1973. 175 с.
- Казимиров Н. И., Морозова Р. М., Куликова В. Н. Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги . Л.: Наука, 1978. 216 с.
- Лесохозяйственный регламент ГУ «Железнодорожное лесничество» Комитета лесов Республики Коми. 2008 . URL: www.komles.rkomi.ru (дата обращения 15.02.2009).
- Митрофанов Д. П. Химический состав лесных растений Сибири . Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 120 с.
- Осипов А. Ф., Манова С. О., Бобкова К. С. Запасы и элементный состав растений напочвенного покрова в среднетаежных сосняках послепожарного происхождения (Республика Коми) // Растительные ресурсы. 2014. Т. 50. Вып. 1. С. 3–11.
- Первышина Г. Г., Ефремов А. А., Гордиенко Г. П., Агафонова Е. А., Губанова И. С., Гоголева О. В. К вопросу комплексного изучения березы повислой (*Betula pendula* Roth.), произрастающей в Красноярском крае // Химия растительного сырья. 2002. № 3. С. 17–20.
- Перельман А. И. Геохимия ландшафта . М.: Географгиз, 1961. 496 с.
- Пристова Т. А. Динамика древесной растительности в лиственных насаждениях послерубочного происхождения (подзона средней тайги Республики Коми) // Принципы экологии. 2019. № 3. С. 63–73. DOI: 15393/j1.art.2019.9142.
- Пристова Т. А. Биологический круговорот веществ во вторичном лиственно-хвойном насаждении средней тайги // Экология. 2008. № 3. С. 189–195.
- Продуктивность и круговорот элементов в фитоценозах Севера . Л.: Наука, 1975. 130 с.
- Робакидзе Е. А., Бобкова К. С., Наймушина С. И. Элементный состав доминирующих видов растений в среднетаежных сосняках разного возраста (на примере Республики Коми) // Растительные ресурсы. Т. 50. Вып. 1. С. 53–65.
- Шелепова О. В., Пименова М. Е. Особенности микроэлементного состава дикорастущих лекарственных растений Архангельской области // Материалы III всероссийской школы-конференции «Актуальные проблемы геоботаники». Петрозаводск, 2007. С. 298–302.
- Guha M. M., Mitchell R. L. The trace and major element composition of the leaves of some deciduous trees // Plant and soil. 1965. № 3. P. 323–338.
- Ingestad T. Mineral nutrient requirements of *Vaccinium vitis-idaea* and *Vaccinium myrtillus* // Phisiol. Plant. № 29. 1973. P. 239–246.
- Melvin A. M., Mack M. C., Johnstone J. F., McGuire A. D., Genet H., Schuur E. A. G. Differences in ecosystem carbon distribution and nutrient cycling linked to forest tree species composition in a mid-

successional boreal forest // *Ecosystems*. 2015. № 18. P. 1472–1488.

Reimann C. Comparison of the element composition in several plant species and their substrate from a 1500000 km² area in Northern Europe // *The science of the total Environment*. 2001. № 278. P. 87–112.

Tamminen P., Starr M., Kubin E. Element concentrations in boreal, coniferous forest humus layers in relation to moss chemistry and soil factors // *Plant and soil*. 2004. № 259. P. 51–58.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке темы госзадания Института биологии Коми научного центра УрО РАН (№ АААА-А 17-117122090014-8) «Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на европейском Северо-Востоке России». Выражаю искреннюю благодарность проф., д. б. н. К. С. Бобковой.

THE ELEMENTAL COMPOSITION OF PLANTS IN DECIDUOUS FORESTS OF POST-HARVEST ORIGIN IN THE MIDDLE TAIGA OF THE KOMI REPUBLIC

PRISTOVA
Tatyana Alexandrovna

PhD, Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IB Komi SC UB RAS),
pristova@ib.komisc.ru

Keywords:

taiga
deciduous forests
elemental composition
of plants

Summary: The elemental composition of six species of wild forest plants growing in deciduous forests of different ages of post-harvest origin, belonging to 6 families, was studied: Ericaceae (*Vaccinium vitis-idaea*), Juncaceae (*Juncus filiformis*), Polytrichaceae (*Polytrichum commune*), Sphagnaceae (*Sphagnum magellanicum*), Salicaceae (*Salix caprea*), Betulaceae (*Betula pendula*). The concentration of 14 chemical elements was determined: Mg, Ca, K, Na, Mn, Fe, Al, S, P, Cu, Zn, Ni, Cd, Pb. It was found that among the studied plants, willow and birch leaves have the highest content of most of the determined elements, while cowberry and haircap moss have the lowest content. The total concentration of detectable elements in the plants of the studied deciduous phytocenoses varies from 1.4 to 3.6 % of dry matter. The dominant elements in the mineral composition of the studied plant species are Ca and K, which account for more than half of the total number of detectable elements. The concentration of Cu, Zn, Na, Fe, Al, Ni, Cd, Pb in the studied plant species, as a rule, does not exceed 8 % of the total amount of the determined elements. The difference in the chemical composition between the plants growing in the birch-spruce young stand and aspen-birch plantation was revealed. It was found that for most of the studied species, the total content and concentration of a number of elements in the aspen-birch plantation is higher than in the young stand, which is due to the age of the stands and environmental variability. For the studied plant species, no excess of the maximum permissible concentration for heavy metals was detected, so the data obtained can be used for environmental monitoring in deciduous forests.

Received on: 18 June 2020

Published on: 12 October 2020

References

- Bobkova K. S. Lihanova N. V. Nitrogen and nutrients element fluxes in the soil-phytocenosis system in the middle-taiga spruce forests of the Komi Republic, Lesovedenie. 2019. No. 6. P. 512–523.
- Degteva S. V. Deciduous forests of the southern and middle-taiga subzones of the Komi Republic: Avtoref. dip. ... d-ra biol. nauk. Syktyvkar, 2002. 37 p.
- Forestry regulations of the State Institution «Zheleznodorozhnoe lesnichestvo» of the Forest Committee of the Komi Republic. 2008. URL: www.komles.rkomi.ru (data obrascheniya 15.02.2009).
- Guha M. M., Mitchell R. L. The trace and major element composition of the leaves of some deciduous trees, Plant and soil. 1965. No. 3. P. 323–338.
- Hygienic epidemiological requirements for the safety and nutritional value of food products. Sanitary and epidemiological rules and regulations. M.: Minzdrav Rossii, 2002. 74 p.
- Il'in V. B. Heavy metals in the soil-plant system. Novosibirsk, 1991. 151 p.
- Ingestad T. Mineral nutrient requirements of *Vaccinium vitis-idaea* and *Vaccinium myrtillus*, Phisiol. Plant. No. 29. 1973. P. 239–246.
- Kazimirov N. I. Morozova R. M. Kulikova V. N. Organic mass and substance fluxes in the birch forests of the middle taiga. L.: Nauka, 1978. 216 p.
- Kazimirov N. I. Morozova R. M. Biological circulation of substances in Karelian spruce forests. L.: Nauka, 1973. 175 p.
- Melvin A. M., Mack M. C., Johnstone J. F., McGuire A. D., Genet H., Schuur E. A. G. Differences in ecosystem carbon distribution and nutrient cycling linked to forest tree species composition in a mid-successional boreal forest, Ecosystems. 2015. No. 18. P. 1472–1488.
- Mitrofanov D. P. Chemical composition of Siberian forest plants. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1977. 120 p.

- Osipov A. F. Manova S. O. Bobkova K. S. Reserves and elemental composition of ground cover plants in middle-taiga pine forests of post-fire origin (Komi Republic), *Rastitel'nye resursy*. 2014. T. 50. Vyp. 1. P. 3–11.
- Perel'man A. I. *Geochemistry of the landscape*. M.: Geografiz, 1961. 496 p.
- Pervyshina G. G. Efremov A. A. Gordienko G. P. Agafonova E. A. Gubanova I. S. Gogoleva O. V. On the issue of a comprehensive study of the birch (*Betula pendula*) growing in the Krasnoyarsk Territory, *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 2002. No. 3. P. 17–20.
- Pristova T. A. Biological circulation of substances in the secondary deciduous-coniferous forest of the middle taiga, *Ekologiya*. 2008. No. 3. P. 189–195.
- Pristova T. A. Dynamics of woody vegetation in deciduous forests of post-harvest origin (subzone of the middle taiga of the Komi Republic), *Principy ekologii*. 2019. No. 3. P. 63–73. DOI: 15393/j1.art.2019.9142.
- Productivity and circulation of elements in the phytocenoses of the North. L.: Nauka, 1975. 130 p.
- Reimann C. Comparison of the element composition in several plant species and their substrate from a 1500000 km² area in Northern Europe, *The science of the total Environment*. 2001. No. 278. P. 87–112.
- Robakidze E. A. Bobkova K. S. Naymushina S. I. The elemental composition of the dominant plant species in middle-taiga pine forests of different ages (on the example of the Komi Republic), *Rastitel'nye resursy*. T. 50. Vyp. 1. P. 53–65.
- Shelepova O. V. Pimenova M. E. Features of the microelement composition of wild medicinal plants of the Arkhangelsk region, *Materialy III vserossiyskoy shkoly-konferencii «Aktual'nye problemy geobotaniki»*. Petrozavodsk, 2007. P. 298–302.
- Tamminen P., Starr M., Kubin E. Element concentrations in boreal, coniferous forest humus layers in relation to moss chemistry and soil factors, *Plant and soil*. 2004. No. 259. P. 51–58.