

ISBN 978-5-87019-088-4  
 УДК: 633.82: 615.2: 615.4: 615.07  
 ББК: 42: 52.8: 24.2: 24.4

### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Сидельников Николай Иванович** – директор ФГБНУ ВИЛАР, академик РАН, профессор.

**Мизина Прасковья Георгиевна** – заместитель директора ФГБНУ ВИЛАР по научной работе, доктор фармацевтических наук, профессор.

**Морозов Александр Иванович** – заместитель директора ФГБНУ ВИЛАР, доктор сельскохозяйственных наук.

**Семкина Ольга Александровна** – Учёный секретарь, заведующий научно – организационным отделом, кандидат фармацевтических наук.

**Сайбель Ольга Леонидовна** – руководитель Центра химии и фармацевтической технологии, кандидат фармацевтических наук.

**Лупанова Ирина Александровна** – руководитель Центра медицины, кандидат биологических наук.

**Балеев Дмитрий Николаевич** – заведующий лабораторией атомарно – молекулярной биорегуляции и селекции, кандидат сельскохозяйственных наук.

**Масляков Валерий Юрьевич** – заведующий отделом растительных ресурсов, кандидат географических наук.

**Хазиева Фирдаус Мухаметовна** – заведующий отделом агробиотехнологии, кандидат биологических наук.

**Цицилин Андрей Николаевич** – заведующий лабораторией Ботанический сад, кандидат биологических наук.

**Савин Павел Сергеевич** – руководитель группы биотехнологии, кандидат биологических наук.

**Крепкова Любовь Вениаминовна** – заведующий отделом токсикологии, кандидат биологических наук.

**Ферубко Екатерина Владимировна** – заведующий отделом экспериментальной и клинической фармакологии, кандидат медицинских наук.

**Фатеева Татьяна Владимировна** – заведующий лабораторией микробиологических исследований.

### Ответственные секретари

**Борисенко Елена Валерьевна** – ведущий научный сотрудник научно-организационного отдела, кандидат ветеринарных наук.

**Гуленков Александр Сергеевич** – научный сотрудник отдела фитохимии и стандартизации.

Международная научная конференция «От растения до лекарственного препарата»

Сборник научных трудов, М., ФГБНУ ВИЛАР, 2020 г.

Материалы публикуются в авторской редакции

ISBN 978-5-87019-088-4



9 785870 190884



Запись конференции

© Коллектив авторов, 2020

УДК: 504.054

## МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ БЕРЕЗЫ БОРОДАВЧАТОЙ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ

Мялик А. Н.<sup>1, а)</sup>, Дашкевич М. М.<sup>2</sup>, Галуц О. А.<sup>2</sup>

1 – Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск, ул. Сурганова дом 2в, 220012

2 – Государственное научное учреждение «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси», г. Брест, ул. Московская дом 204/1-1, 224020

а) Автор для переписки: [aleksandr-myalik@yandex.ru](mailto:aleksandr-myalik@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье представлены особенности накопления тяжелых металлов и микроэлементов в листьях и ксилемных растворах *Betula pendula* Roth (березы бородавчатой). Установлены фоновые уровни содержания и коэффициенты накопления свинца, кадмия, никеля, меди, цинка, марганца и железа. Полученные результаты могут быть использованы для сравнительных оценок качества и экологической безопасности растительного сырья *Betula pendula* Roth.

**Ключевые слова:** *Betula pendula* Roth, береза бородавчатая, березы листья, березовый сок, тяжелые металлы, микроэлементы, Беларусь.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в составе аборигенной флоры юго-западной части Беларуси, представленной 881 видом, отмечено около 400 растений, обладающих лекарственными свойствами. Все они применяются (или могут использоваться) в официальной и народной медицине и ветеринарии для лечения и профилактики заболеваний человека и животных [1]. Ценной древесной породой, используемой как техническое (древесина), пищевое (сок) и лекарственное (почки, листья) растение, является *Betula pendula* Roth (береза повислая или бородавчатая). Данный вид обладает широкой экологической амплитудой и произрастает в самых разнообразных условиях естественных (в составе лесов различных типов) и антропогенно преобразованных (вдоль дорог, на пустырях, в уличных декоративных посадках) экосистем. Именно в пределах последних (как наиболее доступных) чаще всего происходит заготовка сока, почек и листьев данного вида. В связи с этим существует высокая вероятность сбора загрязненного растительного сырья *Betula pendula* Roth, в том числе и в отношении тяжелых металлов – поллютантов, отличающихся высокой токсичностью и опасностью для здоровья человека [2]. С учетом вышесказанного, а также того, что вопросы, касающиеся изучения накопления тяжелых металлов дикорастущими растениями до настоящего времени остаются слабо изученными, выяснение микроэлементного состава растительного сырья данного вида имеет важное теоретическое и практическое значение, чем определяется актуальность и цель данной работы.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

**Материалы.** Для изучения особенностей микроэлементного состава растительного сырья *Betula pendula* Roth был выполнен отбор почвенных и растительных образцов на территории Брестской области Беларуси в пределах естественных (природных) и природно-антропогенных ландшафтов. Из каждого обследованного фитоценоза отбирался усредненный почвенный образец из поверхностного горизонта почв. Растительные образцы (молодые листья и ксилемные растворы (березовый сок) собирались в зависимости от фенофаз растений на протяжении вегетационных периодов 2014–2016 гг. В пределах фитоценоза отбирался усредненный образец молодых хорошо сформированных листьев. Образцы ксилемных

растворов были получены из молодых и средневозрастных (до 30–40 лет), а также приспевающих и старых (60–80 лет) внешне здоровых деревьев в начале, середине и конце периода сокодвижения. Характеристика мест отбора почвенных и растительных образцов приводится в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика мест отбора почвенных и растительных образцов  
Характеристика места сбора

Образец	Часть растения	географические координаты	фитоценоз	почва	антропогенная нагрузка
1	листья	52°32'51.4"N 25°53'50.4"E	зарастающая залежь	дерново-подзолистая	средняя
2	листья	52°31'09.4"N 25°49'59.3"E	пустырь	антропогенно-преобразованная	высокая
3	листья	52°29'10.8"N 25°54'34.1"E	пустырь	антропогенно-преобразованная	высокая
4	листья	52°32'44.7"N 25°54'10.3"E	сосняк брусничный	дерново-подзолистая	низкая
5	листья	52°32'38.3"N 25°51'43.6"E	сосняк мшистый	дерново-подзолистая	низкая
6	листья	52°33'04.1"N 25°51'36.9"E	опушка сосняка брусничного	дерново-подзолистая	низкая
7	листья	52°33'05.7"N 25°52'13.3"E	зарастающая залежь	дерново-подзолистая	низкая
8	листья	52°32'41.6"N 25°53'50.6"E	сосняк березово-крушиновый	дерново-подзолистая	низкая
9	листья	52°33'05.2"N 25°51'23.9"E	опушка сосняка черничного	дерново-подзолистая	низкая
10	листья	52°36'57.7"N 25°50'48.2"E	опушка смешанного леса	дерново-подзолистая	низкая
11*	сок	52°32'59.5"N 25°50'30.6"E	березово-сосновый лес	дерново-подзолистая	низкая

\* - в данной точке почвенный образец не отбирался

**Методы.** Экспериментальные исследования отобранных образцов выполнялись в лабораториях Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси по стандартным методикам. Экстракция подвижных форм тяжелых металлов из почв проводилась с помощью

1 М НСІ. Содержание элементов в фильтрах почв определялось методом атомно-абсорбционной спектрометрии [3]. Пробоподготовка растительных образцов осуществлялась методом сухого озоления (ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов.). Содержание элементов в зольных растворах растений определялось на атомно-абсорбционном спектрометре с пламенным атомизатором SOLAAR М6 MkII согласно (ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов).

Для характеристики процессов накопления тяжелых металлов в листьях *Betula pendula* Roth использовали значение коэффициента накопления ( $K_n$ ) элементов, представляющего отношение средней концентрации элемента в тканях растений к его содержанию в соответствующей почве:  $K_n = C_{\text{раст.}}/C_{\text{почв.}}$ . По величине их аккумуляции растения условно подразделяют на макро- ( $K_n > 2$ ), микро- ( $K_n = 1-2$ ) и деконцентраторы ( $K_n < 1$ ) [4].

Перечень анализируемых микроэлементов определялся техническими возможностями лабораторий, в связи с чем в работе рассматриваются элементы (Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, Mn и Fe), известные в качестве тяжелых металлов с природоохранной точки зрения [2].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты выполненных аналитических исследований представлены в таблице 2 и позволяют определить уровни содержания и коэффициенты накопления тяжелых металлов в листьях растений, собранных в пределах как естественных (пробы 4–10), так и антропогенно нарушенных (пробы 1–3) местообитаний юго-западной части Беларуси.

Рассматривая показатели, установленные для растений из естественных экосистем, можно определить фоновые уровни содержания отдельных элементов в листьях *Betula pendula* Roth. Таким образом, в ландшафтно-геохимических условиях юго-западной части Беларуси в качестве фоновых показателей можно рассматривать следующие уровни содержания тяжелых металлов (мг/кг сухой массы): свинец – 0,13, кадмий – 0,23, медь – 4,44, цинк – 142,33, никель – 1,34, марганец – 226,66, железо – 53,00. Важно отметить, что аналогичные показатели для растений, собранных в пределах антропогенно нарушенных территорий, несколько выше для ряда элементов (свинец – 0,29, медь – 6,64, цинк – 422,41, никель 1,42 мг/кг), что может свидетельствовать об техногенной составляющей в их микроэлементном составе.

Сравнивая полученные значения с санитарными нормами, установленными для пищевого сырья (чая на растительной основе) [5], можно отметить, что уровни содержания свинца в листьях *Betula pendula* Roth существенно ниже ПДК (5,0 мг/кг). Содержание кадмия находится на пределе значений ПДК (0,2 мг/кг) даже у растений, собранных в пределах естественных фитоценозов. Способность *Betula pendula* Roth к высокой концентрации кадмия может быть обусловлена не только высокой подвижностью данного элемента в системе почва-растение, но и аэральным путем его поступления в ткани, что характерно и для ряда других дикорастущих растений в условиях юго-запада Беларуси [6].

Таким образом, установленные фоновые уровни содержания рассматриваемых микроэлементов в листьях *Betula pendula* Roth могут использоваться как при оценке качества и экологической безопасности заготавливаемого растительного сырья (в том числе лекарственного) данного вида, так и для выполнения сравнительных оценок и мониторинговых исследований в будущем.

Однако стоит учесть, что более информативным и объективным показателем, необходимым для выявления особенностей аккумуляции тяжелых металлов растениями, является коэффициент накопления ( $K_n$ ), отражающий генетически-обусловленную способность растений усваивать определенные элементы из почвы.

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в почвенных и растительных образцах *Betula pendula* Roth  
Содержание тяжелых металлов, мг/кг

Образец	свинец		кадмий		медь		цинк		никель		марганец		железо	
	п*	р**	п	р	п	р	п	р	п	р	п	р	п	р
Растения, собранные в антропогенно нарушенных местообитаниях														
1	3,97	0,29	<0,05	0,24	1,11	5,64	2,16	313,00	0,39	0,34	28,90	193,87	2229,00	111,94
2	4,93	0,48	0,05	0,32	1,36	6,06	9,55	379,31	0,23	1,32	36,40	250,30	725,00	97,00
3	3,42	<0,10	0,07	0,03	160,4	8,21	101,80	574,92	0,39	2,60	44,60	175,90	975,00	58,10
С <sub>ср</sub>	4,11	0,29	0,06	0,20	54,29	6,64	37,84	422,41	0,34	1,42	36,63	206,69	1309,67	89,01
К <sub>н</sub>	0,07		3,33		0,12		11,16		4,18		5,64		0,07	
Растения, собранные в естественных местообитаниях														
4	4,90	0,18	0,05	0,18	0,44	4,24	1,40	41,45	0,14	0,96	1,10	339,55	704,00	79,31
5	8,64	<0,10	0,05	0,60	0,55	5,48	2,13	111,48	0,18	3,10	6,50	227,70	742,00	73,40
6	5,65	0,18	0,05	0,46	0,37	6,97	1,79	219,48	0,14	3,28	1,80	235,80	678,00	61,80
7	3,29	<0,10	0,06	0,27	1,65	5,69	4,18	233,59	0,14	0,40	29,90	104,80	258,00	48,10
8	14,80	0,15	0,10	0,04	0,83	2,96	3,45	104,83	0,75	0,98	2,00	239,65	673,00	55,31
9	6,51	<0,10	<0,05	0,02	0,67	2,34	5,80	89,40	0,38	0,44	9,40	127,59	464,00	17,34
10	2,67	<0,10	<0,05	0,06	0,24	2,83	8,44	119,72	0,14	0,25	24,60	316,99	324,00	25,96
С <sub>ср</sub>	6,54	0,13	0,06	0,23	2,68	4,44	5,15	142,33	0,22	1,34	11,42	226,66	577,52	53,00

				264				
K <sub>n</sub>	0,02	3,83	1,66	27,63	6,09	19,85		0,09

*в таблице представлены результаты единичных измерений*

*\*- образец почв, \*\*- растительный образец*

В соответствии с установленными значениями можно отметить, что *Betula pendula* Roth в отношении свинца является растением деконцентратором ( $K_n < 1$  и равен 0,02), что свидетельствует о крайне низкой способности вида накапливать данный элемент в тканях даже при высоком его содержании в почвах. Аналогичный показатель для кадмия составляет 3,83 и позволяет отнести рассматриваемый вид к группе растений макроконцентраторов ( $K_n > 2$ ), что указывает на возможность накопления кадмия в высоких количествах даже при незначительном его содержании в почвах. Именно этим фактором объясняются одинаково высокие уровни содержания данного токсичного элемента в листьях, собранных как в фоновых, так и антропогенно нарушенных экосистемах. Схожая закономерность установлена и для никеля – тяжелого металла, отличающегося высокой токсичностью. Этот элемент в тканях *Betula pendula* Roth накапливается в достаточно высоких количествах даже при его незначительном содержании в почвах. Значение  $K_n$  в условиях фоновых ландшафтов составляет 6,09 и указывает на высокую вероятность заготовки загрязненного растительного сырья в условиях юго-запада Беларуси.

Еще более высокими данные показатели являются для элементов биогенной группы (меди, цинка, марганца), необходимых для нормального роста и развития растений. Так, в условиях фоновых ландшафтов коэффициент накопления меди равен 1,66, марганца – 19,85, цинка – 27,63. Тем самым существует вероятность избыточного накопления данных элементов в листьях при их высоком содержании в почвах антропогенно нарушенных территорий. Железо в тканях (листьях) *Betula pendula* Roth практически не накапливается, его  $K_n$  один из самых низких и равен всего 0,09, что можно объяснить высоким уровнем его содержания в естественных почвах юго-запада Беларуси.

Более наглядно процессы и закономерности накопления тяжелых металлов в листьях *Betula pendula* Roth в зависимости от почвенных условий демонстрирует представленный ниже рисунок 1.

Анализ рисунка показывает, что такие элементы как свинец и железо в листьях *Betula pendula* Roth накапливаются в незначительных количествах несмотря на их высокое содержание в почвах. Кадмий в отдельных образцах данного вида может содержаться в различных количествах – идентичных его содержанию в почвах или даже в разы его превышающих. В связи с этим даже в естественных условиях возможно его накопление в высоких количествах. Никель также накапливается в широком диапазоне, однако в количествах, значительно превышающих его содержание в почвах. В отношении элементов биофильной группы (медь, цинк, марганец), как уже указывалось ранее, *Betula pendula* Roth является растением макроконцентратором. Из них медь накапливается достаточно равномерно (в пределах 2–6 мг/кг) не зависимо от содержания подвижных форм элемента в почвах. Даже при максимально высоком содержании в почве (160,4 мг/кг в образце 3) в листьях накапливается всего 8,21 мг/кг меди. Цинк накапливается в более широком диапазоне и в количествах более-менее пропорциональных его содержанию в почвах. В накоплении марганца отмечены особенности, характерные и для других видов растений: обратно пропорциональное содержание данного элемента в листьях относительно его содержания в почвах [6].

Таким образом, представленные данные показывают, что микроэлементный состав *Betula pendula* Roth обусловлен не только геохимическими условиями мест произрастания отдельных особей данного вида, но и его генетическими особенностями.

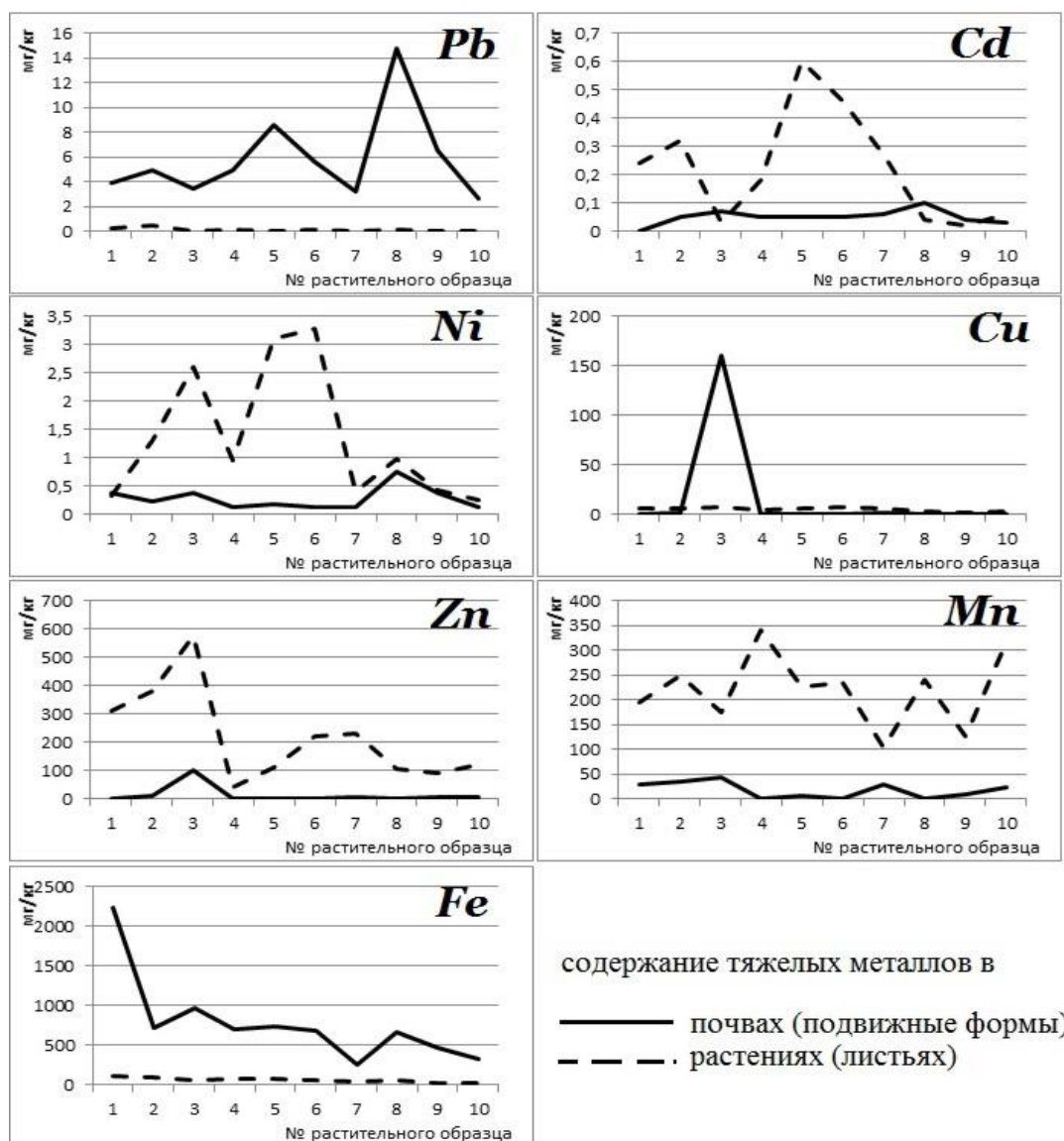


Рисунок 1 – Особенности накопления тяжелых металлов *Betula pendula* Roth

Значительное хозяйственное значение *Betula pendula* Roth имеет и как источник березового сока, являющегося важным продуктом побочного лесопользования в Республике Беларусь. Березовым соком (ксилемным раствором) принято называть жидкость, вытекающую из надрезов на стволах под действием корневого давления в начале весны. В Беларуси он является традиционным напитком, используется в народной медицине, заготавливается и перерабатывается в промышленных масштабах [7]. Следовательно, изучение его микроэлементного состава также имеет большое значение. В таблице 3 представлены уровни содержания тяжелых металлов в березовом соке, собранном из деревьев разного возраста в различные фенологические фазы.

Представленные данные показывают, что березовый сок, собранный в пределах естественных экосистем юго-запада Беларуси, в целом соответствует гигиеническим нормам. Превышения уровней ПДК (относительно питьевой воды), отмеченные для марганца, вероятно объясняются геохимическими особенностями почв Белорусского Полесья. Вполне ожидаемо, что на пределе ПДК находится содержание кадмия, поскольку данный элемент интенсивно накапливается растениями.



Таблица 3 – Содержание микроэлементов в березовом соке в зависимости от возраста деревьев и времени сокодвигения в условиях юго-запада Беларуси

Время отбора	Возраст деревьев	Содержание элементов, мг/кг						
		Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	Mn	Fe
Начало сокодвигения	молодые	<0,009	<0,002	0,006	1,783	0,007	3,402	0,064
	старые	<0,009	<0,000	0,003	1,135	0,003	1,686	0,043
Середина сокодвигения	молодые	<0,009	<0,002	0,008	1,489	0,010	2,914	0,069
	старые	<0,009	<0,001	0,002	1,398	0,004	2,273	0,057
Конец сокодвигения	молодые	<0,009	<0,002	0,011	1,603	0,017	3,064	0,052
	старые	<0,009	<0,002	0,003	1,563	0,007	2,418	0,064
ПДК для питьевой воды [8]		0,03	0,001	0,1	5,0	1,0	0,5	0,3
Допустимые уровни для сока берез [5]		0,4	0,03	-	-	-	-	-

в таблице представлены результаты единичных измерений

Полученные данные также показывают, что собранный из старовозрастных деревьев сок содержит меньшее количество тяжелых металлов. Некоторые особенности микроэлементного состава березового сока обусловлены также временем его заготовки, что хорошо подтверждается на примере никеля и меди (рисунок 2).

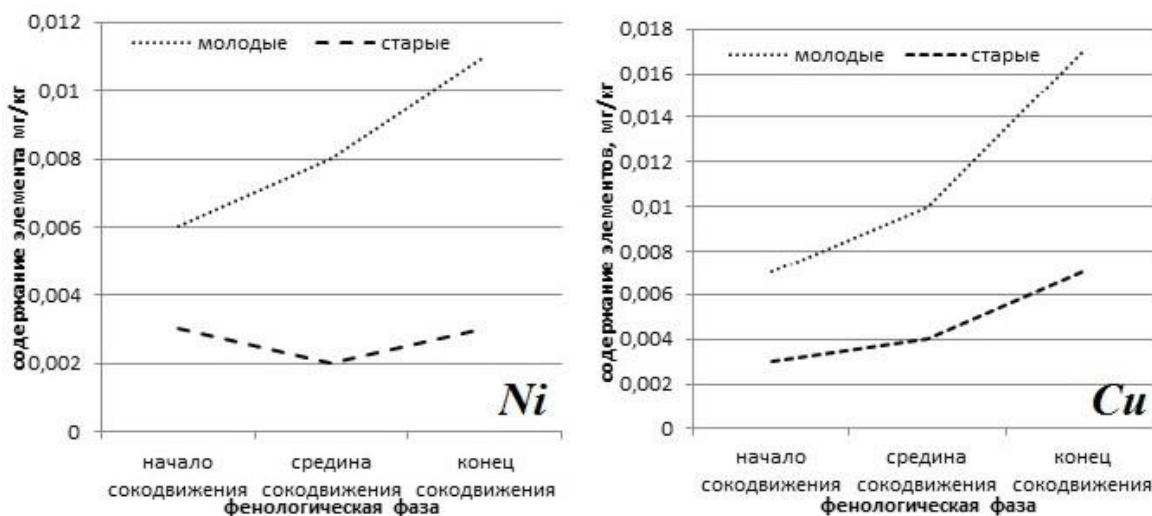


Рисунок 2 – Закономерности в накоплении никеля и меди в березовом соке

Представленные данные показывают, что сок, собранный из молодых деревьев, содержит никеля в 3–5 раз больше, чем собранный из приспевающих и старых особей. Вне зависимости от возраста деревьев, свойственно увеличение содержания никеля в ксилемных растворах к концу периода сокодвигения. Схожие особенности накопления свойственны также для меди: сок, собранный у молодых деревьев, содержит данного микроэлемента в 3–4 раза больше, чем у приспевающих и старых. Для меди также характерно постепенное увеличение ее содержания к концу периода сокодвигения как у молодых, так и старых деревьев [9]. В соответствии с вышесказанным с целью получения экологически чистого березового сока, целесообразно подсачивать старые и средневозрастные деревья только в начале периода движения сока (первая декада марта в условиях юга Беларуси).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы установлены фоновые уровни содержания тяжелых металлов (свинца, кадмия, никеля, меди, цинка, марганца и железа) в растительном сырье (листьях и ксилемных растворах) *Betula pendula* Roth в условиях юго-запада Беларуси. Выявлены коэффициенты их накопления, определяющие генетически обусловленную способность данного вида к концентрации отдельных элементов из почвы. Установлено, что листья *Betula pendula* Roth как пищевое растительное сырье, а также березовый сок, собранные в пределах естественных экосистем, в целом отвечают всем гигиеническим нормам и санитарным требованиям, предъявляемым к пищевым продуктам. Выявленные различия в накоплении тяжелых металлов в березовом соке в зависимости от возраста подсачиваемых деревьев и фенологических фаз, показывают, что экологически чистый березовый сок следует собирать в начале периода сокодвигания со старых и средневозрастных деревьев. Полученные результаты могут быть использованы для сравнительных оценок качества растительного сырья *Betula pendula* Roth и мониторинговых исследований в будущем.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант НАУКА М Х16М-057).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мялик А.Н. Хозяйственная оценка флоры Припятского Полесья // Изв. Гомельск. Гос. ун-та им. Ф. Скорины. Естеств. науки. – 2018; 3(108): 66–72.
2. Duffus J.H. “Heavy metals” – a meaningless term? (IUPAC Technical Report) // Pure Appl. Chem. – 2002; 74 (5): 793–807.
3. Кузнецов А.В. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / М.: ЦИНАО, 1992; с. 53.
4. Ялынская Н.С., Лопотун А.Г. Накопление микроэлементов и тяжелых металлов в растениях рыбоводных прудов // Гидробиологический журнал. – 1993; 29(5): 40–46.
5. Санитарные нормы и правила «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам». Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 21 июня 2013 № 52 / Минск, 2013; с. 371.
6. Михальчук Н.В., Мялик А.Н. Фоновое содержание тяжелых металлов и микроэлементов в почвах и растительности юго-запада Беларуси как основа для сравнительных оценок при производстве органической продукции на основе принципов зеленой экономики // Эколого-географические проблемы перехода к зеленой экономике / редкол. В. С. Хомич. Минск: СтройМедиаПроект, 2019. С. 266–281.
7. Мялик А.Н. Обусловленность микроэлементного состава березового сока в зависимости от возраста деревьев и периода сокодвигания в условиях юго-запада Беларуси // Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій. Матеріали VII Міжнарод. наук.–практ. конф. (Полтава, 30–31 травня 2019 р.). Полтава, 2019. С. 161–163.
8. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : Санитарные правила и нормы СанПиН 10-124 РБ 99 / Минск, 2001; с. 11.

## MICROELEMENT COMPOSITION OF PLANT RAW MATERIALS OF WARTY BIRCH IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-WEST OF BELARUS

Mialik A. N.<sup>1, a)</sup>, Dashkevich M. M.<sup>2</sup>, Galuts O. A.<sup>2</sup>

1 – Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Surhanava str. 2b, 220012

2 – The Polesie Agrarian Ecological Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Brest, Maskouskaja str. 204/1-1, 224020

a) Corresponding author: [aleksandr-myalik@yandex.by](mailto:aleksandr-myalik@yandex.by)

**Abstract.** The article discusses the features of the accumulation of heavy metals in the leaves and juice of warty birch in the south-west of Belarus. Background levels of lead, cadmium, nickel, copper, zinc, manganese and iron in birch leaves and the accumulation coefficients of these elements are revealed. The microelement composition of birch sap has been established depending on the age of the trees and the period of sap flow. The results can be used for comparative assessments of the quality and environmental safety of the leaves and juice of warty birch.

**Keywords:** *Betula pendula Roth, warty birch, birch leaves, birch sap, heavy metals, trace elements, Belarus.*