

УДК 631:81:533.2.03 (571.54)

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ РАЗНЫХ ЭКОСИСТЕМ ОЗЕРА КОТОКЕЛЬСКОГО (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

© С.Б. Сосорова, М.Г. Меркушева*, Л.Л. Убузунов

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, ул. Сахьяновой, 6,
Улан-Удэ, 670047 (Россия), e-mail: merkusheva48@mail.ru

Определены концентрации микроэлементов (Fe, Mn, Zn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Cd) в лекарственных растениях трех семейств: *Menyanthes trifoliata* L. сем. *Menyanthaceae*, *Comarum palustre* L., *Rosa acicularis* L. сем. *Rosaceae*, *Ledum palustre* L. str., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Vaccinium myrtillus* L. сем. *Ericaceae*, произрастающих в лесных, пойменных и болотных экосистемах бассейна оз. Котокельского (Западное Забайкалье). Валовое содержание микроэлементов в почвах экосистем находится в пределах регионального фона и ПДК. Количество микроэлементов в растениях значительно варьирует и зависит от почвенно-экологических условий их произрастания и видовых особенностей, образуя аккумулятивный убывающий ряд: $Mn > Fe > Zn > Cr > Pb > Ni > Cu > Co > Cd$. Наибольшая аккумуляция Mn, Zn, Cr, Cd, Cu характерна для *Vaccinium myrtillus* L. сем. *Ericaceae*, Mn, Zn и Fe – для *Comarum palustre* L. сем. *Rosaceae*. Выявлено, что степень корреляции между разными элементами в растениях варьирует от очень слабой до сильной. Установлено, что концентрация Pb, Cu и Cd в изученных видах не превышает ПДК для пищевых растений и биологически активных добавок на растительной основе.

Ключевые слова: лекарственные растения, микроэлементы, экосистемы, Западное Забайкалье.

Введение

Возрастающее использование лекарственного растительного сырья связано с тем, что препараты из него выгодно отличаются от синтетических низкой токсичностью, отсутствием побочных эффектов и привыкания, сочетанием этиотропного действия с благоприятным симптоматическим воздействием на весь организм, они также не кумулируются в нем. Однако постоянное воздействие техногенного загрязнения на лекарственные растения обуславливает накопление различного рода токсикантов в частях растений, используемых в качестве лекарственного растительного сырья. Эти вредные соединения, особенно тяжелые металлы (ТМ), переходят из сырья в лекарственные формы, а затем поступают в организм человека. Известно, что ни один металл не покидает организм сразу после поступления, даже однократное введение незначительной дозы показывает его сохранность до 20% в течение месяца [1].

Содержание ксенобиотиков в лекарственных растениях зависит как от биологических особенностей видов, так и от условий их местообитания. Этим обусловлен региональный характер проблемы загрязнения лекарственного сырья ксенобиотиками, в частности тяжелыми металлами [2]. Поэтому большое значение имеют исследования максимально полного химического состава лекарственных растений, в том числе и микроэлементов (Pb, Cd, Zn, As и Hg), накопление которых, как правило, определяется экологическими факторами окружающей среды.

Наиболее общеприменимыми формами использования лекарственных растений являются водные извлечения: настои, отвары, чаи. Как правило, в отвар или настой переходит лишь некоторая доля металлов (в некоторых случаях от 50 до 90% [3]), что уменьшает риск использования загрязненного лекарственного сырья. Но это не является предпо-

Сосорова Соелма Батожаргаловна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: merkusheva48@mail.ru

Меркушева Мария Григорьевна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, e-mail: merkusheva48@mail.ru

Убузунов Леонид Лазаревич – доктор биологических наук, директор, e-mail: l-ulze@mail.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

сылкой для снижения контроля над качеством растениеводческой продукции, используемой в фармакологии. Сбор лекарственного сырья должен осуществляться в экологически чистых местах произрастания.

В настоящее время наибольший научный и коммерческий интерес вызывают лекарственные растения из уникальных по биоразнообразию и экологически чистых регионов мира, таких как бассейн оз. Байкала – участок Всемирного природного наследия ЮНЕСКО с наличием свыше 2000 видов высших сосудистых растений [4], составной частью которого является территория оз. Котокельского. Несмотря на это, данные по содержанию микроэлементов в лекарственных растениях Западного Забайкалья крайне ограничены [5, 6], а в бассейне оз. Котокельского – отсутствуют.

Цель настоящей работы – оценить экологическое качество лекарственных растений, произрастающих в бассейне оз. Котокельского, по содержанию микроэлементов Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Fe.

Экспериментальная часть

Исследования проводились в 2009 г. в бассейне озера Котокельского (Прибайкальский р-н, Республика Бурятия), расположенного в двух километрах к востоку от озера Байкала в его средней части (52°50' с.ш., 108°10' в.д., 460 м над уровнем моря). Химический состав почвенного и растительного покрова приведен в работе С.Б. Сосоровой с соавт. [7].

Объектами исследований являлись надземные части шести видов дикорастущих лекарственных растений из трех семейств: *Menyanthes trifoliata* L. семейства *Menyanthaceae*, *Comarum palustre* L., *Rosa acicularis* L. семейства *Rosaceae*, *Léduum palústre* L. str., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Vaccinium myrtillus* L. семейства *Ericaceae*.

Отбор проб растений для химического анализа проводили в фазу их цветения или начала цветения. Внешние признаки влияния загрязнения окружающей среды на растения (изменение окраски, размеров, формы вегетативных органов) отсутствовали.

Определение МЭ и Fe в почвах проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе AAS AAnalyst 400 (PerkinElmer) после предварительного их разложения смесью минеральных кислот (H₂SO₄, HF и HCl), в растениях – после сухого озоления проб в муфельной печи при температуре 500 °С и последующего разложения золы растений концентрированными кислотами (HNO₃, HCl) и H₂O₂.

Статистическая обработка данных произведена с использованием программы Microsoft Excel 2000.

Обсуждение результатов

Химический состав растений формируется при одновременном воздействии большого числа факторов, которые можно объединить в две группы: внутренние, обусловленные физиологией растений, и внешние, отражающие влияние окружающей абиотической и биотической среды [8].

Большое влияние на изменчивость химического состава растений оказывают почвенно-экологические условия их произрастания. Валовое содержание МЭ в почвах бассейна оз. Котокельского находится в пределах регионального фона и имеющихся ПДК и ОДК (табл. 1). Выявлено превышение кларка для почв по Cd, связанное с его природным происхождением. Количества Mn, Co и Pb близки к кларковым значениям, Zn, Cu, Ni, Cr – ниже их. Пониженные концентрации последних в почвах являются следствием преобладания процесса выноса элементов в условиях кислого выщелачивания над процессом их биогенной аккумуляции. Валовое содержание Fe в верхнем 0–20 см слое почв колеблется от 1,8 до 2,9%.

Исследованиями [13–16] установлена взаимосвязь между содержанием в почве некоторых химических элементов и продуцированием растениями отдельных групп биологически активных веществ. Так, растения, продуцирующие сердечные гликозиды, избирательно поглощают Mn, Mo, Cr; алкалоиды – Cu, Mn, Co; сапонины – Mo, V, Cu; терпеноиды – Mn; кумарины, флавоноиды и антраценпроизводные – Cu; витамины – Mn, Cu; полисахариды – Mn, Cr, углеводы – Zn, дубильные вещества – Mn, Cu, Cr.

Участие МЭ в синтезе многих соединений первичного (витамины, липиды, углеводы, ферменты, белки, органические кислоты) и вторичного (эфирные масла, горечи, сердечные гликозиды, сапонины, алкалоиды, кумарины, флавоноиды, дубильные вещества, хромоны и т.д.) синтеза обусловлено в значительной мере их коферментными функциями [17]. Во многих биохимических процессах в растительном организме участвуют флавопротеиновые ферменты. В активации этих ферментов принимают участие Mn, Fe, Cu, Mo, Co, Ni, Sr, V, Cr. Высокие концентрации Mn обеспечивают синтез аскорбиновой кислоты и танинов, количество которых коррелирует с накоплением Mn в растениях [18]. Показано [19], что имеется положительная корреляция между содержанием в чае витамина C и концентрацией Cr, Co, Mg, между коли-

чеством флавоноидов и Co, и отрицательная – с Cd. Сапонины в растениях увеличивают проницаемость растительных клеток и способствуют образованию нерастворимых комплексов с Pb.

Анализ полученных данных показал, что содержание МЭ в изученных растениях значительно варьирует и зависит от почвенно-экологических условий их произрастания и видовых особенностей (табл. 2). Различные виды растений в одинаковых экологических условиях накапливают разное количество МЭ. Это связано со спецификой обмена веществ в различных видах растений, обуславливающей их избирательную способность к накоплению элементов. Максимальные уровни концентрации Cr, Ni, Cu, Pb, Co, Cd отмечены в *Menyanthes trifoliata*; Zn, Fe, Mn – в *Comarum palustre*; Mn, Cr, Cu – в листьях *Vaccinium myrtillus*.

При сравнении накопления МЭ видами различных семейств установлено, что растения семейства *Ericaceae* характеризуются относительно повышенным содержанием Mn и пониженным – Co, Ni, Cd (табл. 2). Наибольшей аккумуляцией Mn, Zn, Cr, Cd, Cu среди видов этого семейства обладает *Vaccinium myrtillus*. Среди изученных растений семейства *Rosaceae* именно *Comarum palustre* накапливал значительное количество Mn, Zn, Fe и минимальное – Ni, Pb (табл. 2). Среднее содержание Mn в надземной части *Comarum palustre* выше в 3,9, Zn – в 7,3, Fe – в 6, Cd – в 1,5 раза и ниже в 1,3 раза – Pb и Ni, чем в *Rosa acicularis*, по Co значительных колебаний не выявлено. *Rosa acicularis* характеризуется минимальными количествами Fe и Zn. В растениях же семейства *Rosaceae* наблюдается тенденция к аккумуляции Zn, Ni, Pb.

Наряду с разным уровнем концентрации МЭ отмечается также меж- и внутривидовое различие в интенсивности биологического поглощения конкретного элемента. Относительное содержание МЭ в растениях, произрастающих в сопоставимых условиях, можно рассматривать как их видовой (родовой) признак. Так, *Menyanthes trifoliata* на торфяно-болотной низинной почве аккумулирует Co, Ni, Cd больше, чем другие виды. В растениях на буроземе грубогумусовом выявлено максимальное накопление Mn, Zn, Cu и Fe в *Vaccinium myrtillus* (табл. 2).

Для многих растений характерно большое различие между минимальным и максимальным содержанием МЭ. К таким растениям относятся *Comarum palustre* (Mn, Zn, Co, Cu, Ni, Pb, Fe), *Vaccinium vitis-idaea* (Mn, Cr, Cu, Cd), *Menyanthes trifoliata* (Zn, Cu, Mn), *Ledum palustre* (Mn). Данный факт, вероятно, обусловлен внутривидовым полиморфизмом, присущим всем живым организмам.

Одновременно с биохимическими особенностями растений на уровень накопления МЭ в них оказывают влияние явления синергизма и антагонизма между элементами, которые не постоянны [24]. Они возникают и меняют свой характер в зависимости от фазы развития растений, концентрации элемента-загрязнителя и метеоусловий. Степень корреляции между содержаниями элементов в растениях различна и колеблется от очень слабой до сильной. Так, выявлено наличие сильной и средней прямой корреляции между содержанием Zn и Fe ($r = 0,98$), Cr и Pb ($r = 0,39$), Cr и Cd ($r = 0,68$), Ni и Pb ($r = 0,81$), Cu и Cd ($r = 0,79$) и отрицательной корреляции – Mn и Ni ($r = -0,65$), Mn и Co ($r = -0,50$), Cr и Cd ($r = -0,60$), что дает основание предположить наличие синергизма и антагонизма между этими элементами при накоплении их в растениях.

Таблица 1. Среднее валовое содержание микроэлементов в почвах (0–20 см) разных экосистем бассейна озера Котокельского, мг/кг ($n = 3-7$)

Показатели	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cr	Cd
Лесные экосистемы								
$M \pm m$	771±84,9	47,8±5,3	5,2±1,8	13,8±2,6	16,1±2,6	19,3±1,4	31,2±1,9	1,2±0,1
lim	558–1156	33,0–75,7	2,6–15,6	9,3–27,8	10,9–30,7	15,4–25,4	25,5–38,3	0,9–1,7
V, %	29	29	89	49	43	19	16	25
Пойменные экосистемы								
$M \pm m$	203±3,2	24,9±2,7	3,9±0,2	7,8±2,2	10,1±1,9	16,3±1,4	19,5±3,3	1,05±0,05
lim	200–207	22,2–27,6	3,7–4,1	5,5–10,0	8,3–12,0	14,9–17,6	16,2–22,8	1,0–1,1
V, %	2	15	7	41	26	12	24	7
Болотные экосистемы								
$M \pm m$	239±11,6	25,7±3,9	6,0±2,5	3,7±0,9	6,5±2,5	7,5±0,8	8,8±2,3	0,9±0,03
lim	218–258	20,1–33,4	1,0–9,1	2,5–5,4	3,6–11,5	5,9–8,5	5,9–13,4	0,8–0,9
V, %	8	27	73	40	67	19	45	7
ПДК, ОДК [9]	1500	100*	55*	50	85*	32	100**	2,0*
Кларк в почвах мира [10]	1000	90	30	8	50	12	70	0,35
Западное Забайкалье [11]	680	75	24	9,5	26	30	54	0,065

Примечание. Здесь и далее: M – среднее содержание, m – ошибка среднего, lim – пределы колебаний, V – коэффициент вариации, * – ориентировочно допустимые концентрации (ОДК), ** [12].

Таблица 2. Среднее содержание микроэлементов в лекарственных растениях, мг/кг сухого вещества ($n = 3-5$)

Растение / $M \pm m$	Mn	Zn	Cr	Cu	Co	Ni	Pb	Cd	Fe
<i>Menyanthes trifoliata</i>	343±53	49,0±10,9	7,2±1,0	3,1±1,7	1,8±0,2	4,1±0,8	5,2±0,1	0,28±0,02	160±6
<i>Comarum palustre</i>	944±195	97,6±15,4	5,2±0,9	2,2±1,2	1,0±0,3	2,7±0,8	4,4±1,3	0,15±0,02	496±115
<i>Rosa acicularis</i>	243±94	13,4±2,0	5,9±2,1	1,9±0,1	1,1±0,06	3,7±0,5	5,9±1,6	0,10±0,02	37±2,6
<i>Ledum palustre</i> , листья	618±94	24,2±1,3	7,0±1,6	2,1±0,4	0,5±0,2	1,9±0,2	3,0±0,3	0,07±0,02	68±9
ветки	715±137	19,2±0,8	6,0±1,1	1,7±0,3	0,2±0,1	2,0±0,1	2,9±0,4	0,04±0,01	71±17
<i>Vaccinium myrtillus</i> , листья	1423±141	24,4±6,8	7,7±1,1	3,3±0,7	0,6±0,3	1,9±0,1	4,1±0,5	0,11±0,04	72±12,6
ягода	487±3	12,7±0,3	3,9±1,2	3,6±0,7	1,0±0,6	2,3±0,5	2,2±0,2	0,63±0,5	49,2±1,8
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> , листья	828±120	18,7±1,9	5,8±1,2	1,8±0,3	0,5±0,1	1,9±0,2	2,9±0,4	0,07±0,02	71±4,4

Таблица 3. Нормирование содержания микроэлементов в растениях, мг/кг сухого вещества

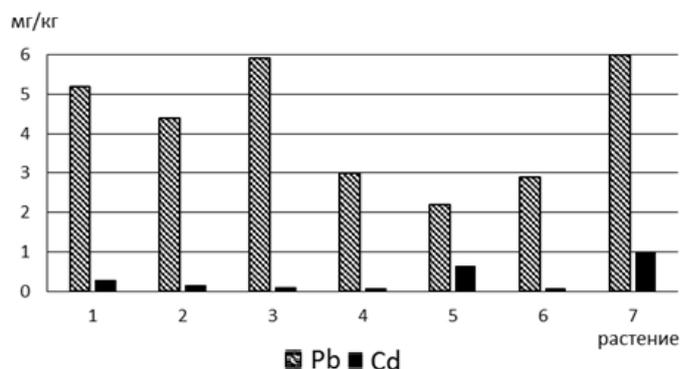
Показатель	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Co	Ni	Pb	Cd
Содержание [20]:									
дефицитное	< 50	< 20	< 20	< 5	–	–	–	–	–
нормальное	50–250	25–250	25–250	6–15	0–0,5	0–2	0–8	2–14	0–0,5
токсичное	–	> 500	> 400	> 20	–	> 100	> 80	–	> 100
В.Г. Минеев [12]	–	–	15–150	2–12	0,2–1,0	0,3–0,5	0,4–3,0	0,1–5,0	0,05–0,2
Среднее в растительности континентов [21]	200	205	30	8,0	1,8	0,5	2,0	1,25	0,035
ПДК для БАД [22]	–	–	–	–	–	–	–	6,0	1,0
ПДК для чая [23]	–	–	–	100,0	–	–	–	10,0	1,0

Примечание. – нет данных.

Повышение концентрации кадмия в почве интенсифицирует поглощение растениями Cu, Pb, Zn; цинка – Pb, Ni и Cu; свинца – Cu [24], тогда как накопление Cd в растениях снижается при увеличении концентрации Zn в почве. Эти выводы частично подтверждены и нашими данными (табл. 1 и 2).

По сравнению со средними значениями для растительности континентов (табл. 3) содержания Fe, Zn, Cu в растениях семейства *Ericaceae* ниже, Co, Ni – на уровне, Mn, Cr, Pb и Cd выше этих показателей. Сопоставление наших данных со шкалой нормирования содержания МЭ в растениях [20] показало, что концентрация Cu в изученных растениях дефицитная, Zn – в пределах нижней границы нормы (дефицитная в *Rosa acicularis*, *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium vitis idaea*), Co, Ni, Cd, Pb, Fe – в пределах нормы, Mn – в пределах верхней границы нормы (токсичное в семействе *Ericaceae*), Cr – превышает норму (табл. 3). Однако сравнение с пределами нормальных концентраций, предложенных В.Г. Минеевым [12], выявило некоторые отличия (табл. 3). Так, по этой шкале концентрация Co в изученных растениях оценивается как превышающая норму, что обусловлено различием диапазона концентраций, принятых авторами за норму.

Диапазон безопасных концентраций для элементов, относящихся к группе тяжелых металлов, довольно узок и в настоящее время нормируется только для пищевых растений и биологически активных добавок к пище (БАД). Из-за отсутствия регламента по их содержанию в лекарственном растительном сырье в качестве ориентировочного критерия экологической чистоты нами использован норматив для БАД на растительной основе [22] и чая [23], произведенных в России, из которого следует, что содержания Pb, Cu и Cd в лекарственных растениях бассейна оз. Котокельского не превышают указанные пределы (см. рис., табл. 2 и 3).



Содержание свинца и кадмия в растениях бассейна оз. Котокельского: 1 – *Menyanthes trifoliata*; 2 – *Comarum palustre*; 3 – *Rosa acicularis*; 4 – *Ledum palustre*; 5 – *Vaccinium myrtillus*, ягода; 6 – *Vaccinium vitis idaea*, листья; 7 – ПДК

Выводы

1. Определены концентрации микроэлементов (Fe, Mn, Zn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Cd) в шести видах лекарственных растений трех семейств: *Menyanthes trifoliata* семейства *Menyanthaceae*, *Comarum palustre*, *Rosa acicularis* семейства *Rosaceae*, *Lédum palústre*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus* семейства *Ericaceae*, произрастающих в лесных, пойменных и болотных экосистемах бассейна оз. Котокельского (Западное Забайкалье). Валовое содержание микроэлементов в почвах экосистем находится в пределах регионального фона и ПДК.

2. Количество микроэлементов в растениях значительно варьирует и зависит от почвенно-экологических условий их произрастания и видовых особенностей, образуя аккумулятивный убывающий ряд: Mn > Fe > Zn > Cr > Pb > Ni > Cu > Co > Cd.

3. Наибольшая аккумуляция Mn, Zn, Cr, Cd, Cu характерна для *Vaccinium myrtillus* семейства *Ericaceae*; Mn, Zn и Fe – для *Comarum palustre* семейства *Rosaceae*.

4. Выявлено, что степень корреляции между разными элементами в растениях варьирует от очень слабой до сильной.

5. Установлено, что концентрация Pb, Cu и Cd в изученных видах не превышает ПДК для пищевых растений и биологически активных добавок на растительной основе.

Список литературы

1. Келимханова С.Е., Баелова А.Е., Кожамжанова А.С. Микроэлементный состав лекарственного растительного сырья – как показатель его качества // Вестник КазНМУ им. С.Д. Асфендиарова. 2010. №5, вып. 3. С. 219–221.
2. Гравель И.В. Эколого-фармакогностический анализ некоторых видов лекарственного растительного сырья, заготавливаемого в Алтайском крае : автореф. дис. ... канд. фарм. наук. СПб., 1995. 25 с.
3. Ефремов А.А., Шаталина Н.В., Стрижева Е.Н., Первышина Г.Г. Влияние экологических факторов на химический состав некоторых дикорастущих растений Красноярского края // Химия растительного сырья. 2002. №3. С. 53–56.
4. Определитель растений Бурятии / под ред. О.А. Аненхонова. Улан-Удэ, 2001. 672 с.
5. Кашин В.К. Микроэлементный состав некоторых лекарственных растений Забайкалья // Растительные ресурсы. 2010. Вып. 3. С. 73–85.
6. Афанасьева Л.В., Кашин В.К. Содержание микроэлементов в растениях *Vaccinium uliginosum* L., произрастающих в Южном Прибайкалье // Химия растительного сырья. 2013. №2. С. 195–200.
7. Сосорова С.Б., Гынинова А.Б., Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Болонева Л.Н. Содержание микроэлементов и железа в почвах и растениях бассейна озера Котокельское (Западное Забайкалье) // Почвоведение. 2012. №4. С. 429–438.
8. Ковалевский А.Л. Биогеохимия растений. Новосибирск, 1991. 294 с.
9. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов : справочник : в 6 кн. М., 1996. Кн. 1.; Кн. 3.
10. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1 : 200000. Приложения. М., 2002. 92 с.
11. Иванов Г.М. Микроэлементы-биофилы в ландшафтах Забайкалья. Улан-Удэ, 2007. 239 с.
12. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. М., 1988. 285 с.
13. Визир К.Л., Климовицкая З.М. Действие марганца на рост и развитие растений на различных этапах их онтогенеза // Микроэлементы в жизни растений, животных и человека. Киев, 1964. С. 29–44.
14. Гринкевич Н.И., Боровкова Л.И., Грибовская И.Ф. Влияние микроэлементов на содержание алкалоидов в красавке // Фармация. 1970. №5. С. 41–47.
15. Гринкевич Н.И., Сорокина А.А. Роль геохимических факторов среды в продуцировании растениями биологически активных веществ // Биологическая роль микроэлементов. М., 1983. С.187–193.
16. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф. К вопросу о содержании микроэлементов в сырье перспективных видов лекарственных растений южного Предуралья // Вестник ОГУ. 2006. №12 (62-2). С. 167–168.
17. Ноздрюхина Л.Р., Тринкевич Н.И. Нарушение микроэлементного обмена и пути его коррекции. М., 1980. 280 с.
18. Austenfeld F.A. Zur Phytotoxizität von Nickel und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L. // Z. Pflanzenern. und Bodenkunde. 1979. Bd. 142, h. 6. S. 769–777.
19. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Филиппова А.В. Содержание водорастворимых антиоксидантов и микроэлементов в образцах чая // Успехи современного естествознания. 2013. №11. С. 54–64.
20. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск, 1991. 151 с.
21. Добровольский В.В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение. 1997. №4. С. 431–441.
22. СанПин 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М., 2001.

23. СанПин 2.3.2.560-96. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. М., 1996.
24. Зубкова В.М. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах и влияние удобрений на их поведение в системе почва – растение : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2003. 40 с.

Поступило в редакцию 20 апреля 2015 г.

После переработки 25 февраля 2016 г.

Sosorova S.B., Merkusheva M.G.; Ubugunov L.L.* TRACE ELEMENTS CONTENT IN HERBS DIFFERENT LAKE ECOSYSTEM KOTOKELSKOE (WESTERN TRANSBAIKALIA)

*Institute of General and Experimental Biology, ul. Sahyanovoy, 6, Ulan-Ude 670047 (Russia),
e-mail: merkusheva48@mail.ru*

Concentrations of trace elements (Fe, Mn, Zn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Cd) in medicinal herbs of three families: *Menyanthes trifoliata* L. of the *Menyanthaceae* family, *Comarum palustre* L., *Rosa acicularis* L. of the *Rosaceae* family, *Ledum palustre* L. str., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Vaccinium myrtillus* L. of the *Ericaceae* family, growing in the forest, floodplain and wetland ecosystems of the lake Kotokelskoe basin (Western Transbaikalia) are determined. The total content of trace elements in soil is within the regional background level and MAC. The amount of trace elements in plants varies greatly and depends on soil and environmental conditions of their habitat and species characteristics, forming accumulative decreasing range: Mn > Fe > Zn > Cr > Pb > Ni > Cu > Co > Cd. The highest accumulation of Mn, Zn, Cr, Cd, Cu is characteristic for *Vaccinium myrtillus* L. of the *Ericaceae* family, Mn, Zn and Fe – for *Comarum palustre* L. of the *Rosaceae* family. It was found that the degree of correlation between different elements in plants varies from very weak to close. The concentrations of Pb, Cu and Cd in studied species do not exceed the maximum permissible concentration for food plants and biologically active additives of plant-based.

Keywords: medicinal herbs, trace elements, ecosystems, Western Transbaikalia.

* Corresponding author.

Reference

1. Kelimkhanova S.E., Baelova A.E., Kozhamzhanova A.S. *Vestnik KazNMU im. S.D. Asfendiarova*, 2010, no. 5, is. 3, pp. 219–221. (in Russ.).
2. Gravel' I.V. *Ekologo-farmakognosticheskiy analiz nekotorykh vidov lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ia, zagotavlivaemogo v Altaiskom krae : avtoref. dis. ... kand. farm. nauk.* [Ecological Farmakognostichesky analysis of certain types of medicinal plants harvested in the Altai Territory: Abstract. Dis. ... Cand. Pharm. sciences]. St. Petersburg, 1995, 25 p. (in Russ.).
3. Efremov A.A., Shatalina N.V., Strizheva E.N., Pervyshina G.G. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2002, no. 3, pp. 53–56. (in Russ.).
4. *Opredelitel' rastenii Buriatii.* [The determinant of Buryatia plants]. Ed. O.A. Anenkhonov. Ulan-Ude, 2001, 672 p. (in Russ.).
5. Kashin V.K. *Rastitel'nye resursy*, 2010, no. 3, pp. 73–85. (in Russ.).
6. Afanas'eva L.V., Kashin V.K. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2013, no. 2, pp. 195–200. (in Russ.).
7. Sosorova S.B., Gyninova A.B., Merkusheva M.G., Ubugunov L.L., Boloneva L.N. *Pochvovedenie*, 2012, no. 4, pp. 429–438. (in Russ.).
8. Kovalevskii A.L. *Biogeokhimiia rastenii.* [Biogeochemistry plants]. Novosibirsk, 1991, 294 p. (in Russ.).
9. Ivanov V.V. *Ekologicheskaya geokhimiia elementov: spravochnik.* [Environmental Geochemistry of elements: a guide]. Moscow, 1996, vol. 1, vol. 3. (in Russ.).
10. *Trebovaniia k proizvodstvu i rezul'tatam mnogotsелеvogo geokhimitskogo kartirovaniia masshtaba 1 : 200000.* [The requirements for the production and the results of a multi-purpose geochemical mapping in scale 1 : 200000]. Moscow, 2002, 92 p. (in Russ.).
11. Ivanov G.M. *Mikroelementy-biofilii v landshaftakh Zabaikal'ia.* [Trace-Biophilia in landscapes of Transbaikalia]. Ulan-Ude, 2007, 239 p. (in Russ.).
12. Mineev V.G. *Ekologicheskie problemy agrokhimii.* [Environmental problems of agricultural chemistry]. Moscow, 1988, 285 p. (in Russ.).
13. Vizir K.L., Klimovitskaia Z.M. *Mikroelementy v zhizni rastenii, zhivotnykh i cheloveka.* [Trace elements in the lives of plants, animals and humans]. Kiev, 1964, pp. 29–44. (in Russ.).
14. Grinkevich N.I., Borovkova L.I., Gribovskaia I.F. *Farmatsiia*, 1970, no. 5, pp. 41–47. (in Russ.).
15. Grinkevich N.I., Sorokina A.A. *Biologicheskaya rol' mikroelementov.* [The biological role of trace elements]. Moscow, 1983, pp.187–193. (in Russ.).
16. Nemereshina O.N., Gusev N.F. *Vestnik OGU.* 2006, no. 12 (62-2), pp. 167–168. (in Russ.).
17. Nozdriukhina L.R., Trinkevich N.I. *Narushenie mikroelementnogo obmena i puti ego korrektsii.* [Violation of microelement exchange and ways of its correction]. Moscow, 1980, 280 p. (in Russ.).
18. Austenfeld F.A. *Z. Pflanzennahr und Bodenkunde.* 1979, vol. 142, no. 6, pp. 769–777.
19. Nemereshina O.N., Gusev N.F., Filippova A.V. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia*, 2013, no. 11, pp. 54–64. (in Russ.).
20. Il'in V.B. *Tiazhelye metally v sisteme pochva-rastenie.* [Heavy metals in the soil-plant system]. Novosibirsk, 1991, 151 p. (in Russ.).
21. Dobrovolskii V.V. *Pochvovedenie*, 1997, no. 4, pp. 431–441. (in Russ.).
22. *SanPin 2.3.2.1078-01. Gigienicheskie trebovaniia k bezopasnosti i pishchevoi tsennosti pishchevykh produktov.* [SanPin 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements for safety and nutritional value of food products]. Moscow, 2001. (in Russ.).
23. *SanPin 2.3.2.560-96. Gigienicheskie trebovaniia k kachestvu i bezopasnosti prodovol'stvennogo syr'ia i pishchevykh produktov.* [SanPin 2.3.2.560-96. Hygienic requirements for quality and safety of food raw materials and food products]. Moscow, 1996. (in Russ.).
24. Zubkova V.M. *Osobennosti nakopleniia i raspredeleniia tiazhelykh metallov v sel'skokhoziaistvennykh kul'turakh i vliianie udobrenii na ikh povedenie v sisteme pochva-rastenie : avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk.* [Features of accumulation and distribution of heavy metals in crops and the effect of fertilizers on their behavior in the soil-plant: Abstract. Dis. ... Doctor. Biol. sciences]. Moscow, 2003, 40 p. (in Russ.).

Received April 20, 2015

Revised February 25, 2016

