

УДК 581.192.6

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ-БИОФИЛЫ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В *ARTEMISIA FRIGIDA* WILLD. И *ARTEMISIA JACUTICA* DROB.

© *Е.П. Дыленова*^{1*}, *С.В. Жигжитжапова*¹, *Т.Э. Рандалова*², *Л.Д. Раднаева*¹, *В.Г. Ширеторова*¹,
И.А. Павлов^{1,2}

¹ Байкальский институт природопользования СО РАН, ул. Сахьяновой, 6,
Улан-Удэ, 670047 (Россия), e-mail: edylenova@mail.ru

² Бурятский государственный университет, ул. Смолина, 24а, Улан-Удэ,
670000 (Россия)

В данной работе представлено исследование микроэлементов-биофилов (медь, цинк, марганец, железо, никель) и тяжелых металлов (свинец, кадмий) в надземной части полыни холодной и полыни якутской флоры России (районы Республики Бурятия) и Монголии. Количественное содержание элементов в исследуемых образцах 2008, 2015–2018 гг. определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре SOLAAR M6 после разложения методом сухой минерализации и атомно-эмиссионным методом с индуктивно связанной плазмой (ICP) на спектрометре Profile Plus после разложения объектов в микроволновой системе MARS 6. Исследование элементного состава данных видов полыней проводится впервые. Содержание одного и того же элемента в надземной части одного вида полыни колеблется в широком диапазоне, что согласуется с данными литературы. Кроме того, в работе представлен биplot МГК-анализа элементного состава п. холодной и п. якутской, отражающий влияние лесных пожаров, имевших место на территории Бурятии в 2015 г. В указанном году наблюдается повышенное содержание свинца, кадмия, никеля, меди и железа. Также биplot показывает зависимость содержания изученных элементов от видовой принадлежности полыней. В целом, содержание токсичных (свинец, кадмий) и жизненно необходимых элементов (медь, цинк, железо, марганец, никель) находится в пределах нормальной концентрации. Кроме того, полученные данные можно рассматривать как одни из показателей экологической и санитарно-гигиенической безопасности растительного сырья указанных видов растений флоры Бурятии (России) и Монголии.

Ключевые слова: полынь холодная, полынь якутская, микроэлементы-биофилы, тяжелые металлы, лекарственное растительное сырье.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук.

Дыленова Елена Петровна – аспирант,
e-mail: edylenova@mail.ru

Жигжитжапова Светлана Васильевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории химии природных систем,
e-mail: zhig2@yandex.ru

Рандалова Туяна Эрдэмовна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармации,
e-mail: soktoevate@gmail.com

Раднаева Лариса Доржиевна – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией химии природных систем, e-mail: radd@mail.ru

Ширеторова Валентина Германовна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории химии природных систем,
e-mail: vshiretorova@gambler.ru

Павлов Игорь Артурович – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории химии природных систем, доцент кафедры общей и аналитической химии,
e-mail: pavlov.binm@gmail.com

Введение

На сегодняшний день большое внимание уделяется изучению элементного состава растений, так как макро- и микроэлементы принимают активное участие во многих жизненных процессах, происходящих в растениях на молекулярном уровне. Действуя через ферментативную систему или непосредственно связываясь с биополимерами растений, они могут стимулировать или ингибировать процессы роста, развития и репродуктивную функцию растений [1]. В свою очередь, действие основных биологически активных веществ лекарственных средств на основе растительного сырья часто проявляется в комплексе с природным минеральным составом.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Для лекарственного растительного сырья установлено предельно допустимое содержание супертоксикантов – тяжелых металлов (свинец, кадмий, ртуть) и мышьяка [2]. Однако установить предельно допустимое содержание прочих элементов очень сложно, поскольку их концентрация в растениях зависит от почвы, видовой принадлежности растений, природы металла, избирательной способности растений к их накоплению и т.д. Но большой интерес представляют и те металлы, которые наиболее широко и в значительных объемах используются в производственной деятельности (цинк, никель, медь, марганец и железо), и в результате накопления во внешней среде представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности.

Цель данной работы – исследование содержания микроэлементов-биофилов (медь, цинк, марганец, железо, никель) и тяжелых металлов (свинец, кадмий) в надземной части полыни холодной и полыни якутской. В литературе нет специальных исследований элементного состава растений рода Полынь, но имеется ряд сведений о содержании различных металлов. Так, полынь обыкновенная способна к повышенному накоплению тяжелых металлов [3], полынь горькая обладает высокой аккумулирующей активностью, особенно техногенных металлов [4]. Имеются данные по содержанию условно и жизненно необходимых микроэлементов в полыни холодной Забайкалья [5, 6] и тяжелых металлов полыни холодной Иволгинской котловины [7].

Полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd.) – распространенный вид, играющий заметную роль в формировании растительности степных экосистем криофитных, настоящих и опустыненных степях Сибири, Поволжья, Средней Азии, Монголии, Северной Америки. Известно о широком применении данного вида в тибетской (тиб.: *khan-skyu*), монгольской (монг.: агь; бур.: сагаан ая) и других медицинах при лечении ран, авитаминозов, туберкулезе, нервных расстройствах, для регулирования давления, ослабления процессов опухания суставов, а также при головной и зубной болях [8–10]. Полынь якутская (*Artemisia jacutica* Drob.) – восточно-сибирский эндемик, произрастающий в Средней и Восточной Сибири. Данный вид имеет практическую значимость для медицины. Эфирное масло обладает выраженными противовоспалительными свойствами, стимулирует рост соединительной ткани при регенерации ран, обладает антибактериальной и фунгицидной активностью [11], что, возможно, связано с содержанием в нем хамазулена как доминирующего компонента. Кроме того, ранее нами совместно с сотрудниками Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» был обнаружен сесквитерпеновый γ -лактон – арглабин в полыни якутской [12]. На основе данного лактона, выделенного из эндемичного для флоры Казахстана вида *Artemisia glabella* Kar. et Kir (полынь гладкая), исследователи разработали одноименный противоопухольевый препарат «Арглабин» [13].

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования использовали надземную часть *Artemisia frigida*, собранную на территории России (Республика Бурятия), Монголии и *Artemisia jacutica* – на территории России (Республика Бурятия, Еравнинский район) в разные годы (табл.). Гербарные образцы хранятся в коллекции совместной лаборатории химии природных систем Байкальского института природопользования СО РАН и ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет» (Улан-Удэ).

Определение количественного содержания элементов в образцах 2008 г. проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре SOLAAR M6 в пламени воздух-ацетилен после предварительного озоления. К 5 г измельченного растительного сырья добавили 10 мл этилового спирта, подожгли. Затем в холодную муфельную печь помещали фарфоровые тигли с сырьем, озоление проводили при 550 °С в течение 3–4 ч (до темно-красного каления). Образцы 2015–2018 гг. анализировали атомно-эмиссионным методом с индуктивно связанной плазмой (ICP) на спектрометре Profile Plus после предварительного разложения объектов в микроволновой системе MARS 6 с использованием специальных сосудов из фторполимерных материалов XP-1500 Plus. При разложении образцов к 0.5 г воздушно-сухой биомассы, помещенной в тефлоновый сосуд, добавляли 10 мл концентрированной азотной кислоты, далее сосуды закрывали и помещали в микроволновую систему. Обработку реакторов проводили по стандартной программе для растительных образцов с автоматическим контролем температуры и давления (нагрева до температуры 200 °С – 15 мин, выдержка при 200 °С – 15 мин; давление при этом составило 2.96 МПа).

Обсуждение результатов

В таблице приводятся данные по элементному составу надземной части полыни холодной и полыни якутской в разные годы. Содержание одного и того же элемента в надземной части одного вида полыни колеблется в широком диапазоне, что согласуется с данными литературы [3–7]. По уровню содержания исследуемые металлы можно расположить в следующий ряд:

1. для образцов полыни холодной

– 2008 г. Бурятия (РФ), Селенгинский аймак (Монголия): Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd

– 2015 г. Бурятия (РФ): Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Cd

– 2016 г. Бурятия (РФ): Fe > Mn > Zn > Cu > Pb = Ni = Cd

– 2017–2018 гг. Бурятия (РФ): Mn > Fe > Zn > Cu > Pb > Cd > Ni

– 2008 г. Архангайский аймак (Монголия): Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Cd

2. для полыни якутской

– 2015 г.: Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Cd

– 2016 г.: Fe > Mn > Zn > Cu > Pb = Ni = Cd

– 2017–2018 гг.: Mn > Fe > Zn > Cu > Pb > Cd > Ni

Анализ полученных данных показывает, что на содержание указанных элементов большое влияние оказали лесные пожары, имевшие место на территории Республики Бурятия в 2015 г. [14]. В первую очередь наблюдается повышение содержания активных воздушных мигрантов лесных пожаров [15] – свинца и кадмия. Так, их содержание в образцах полыни холодной 2015 г. превышает норму и составляет 6.05–7.22 и 3.49–3.78 мг/кг соответственно. В полыни якутской концентрация свинца составляет 5.20 мг/кг, что близко к верхнему пределу допустимого содержания (далее ПДС), кадмия – 3.60 мг/кг, что превышает ПДС [2]. В прочие годы сбора (2008, 2016–2018 гг.) содержание обоих токсикантов не превышает нормативные пределы как для полыни холодной, так и полыни якутской. Наибольшее содержание никеля и меди обнаружено также в образцах 2015 г. Так, в образце полыни якутской 2015 г. концентрация меди 20.87 мг/кг, что почти в 4 раза выше, чем в 2017 и 2018 гг.

Наибольшее содержание среди исследуемых микроэлементов в двух видах полыней приходится на марганец и железо. Относительно высокое содержание марганца по сравнению со средним содержанием в растениях 25–40 мг/кг [16] в исследуемых образцах может объясняться тем, что растения, продуцирующие терпеноиды, накапливают марганец [17], который, конденсируясь с пирофосфатным фрагментом, облегчает его отщепление при биосинтетических процессах, ведущих к образованию основных классов изопреноидов [18], что позволяет растения рода Полынь относить к манганофилам [19]. В то же время существует зависимость между железом и марганцем: при низком содержании марганца в растении накапливается избыток активного закисного железа, что вызывает хлороз вследствие отравления его железом. Высокая концентрация марганца приводит к понижению концентрации активного закисного железа. Для нормальной жизнедеятельности растения железо и марганец должны находиться в соотношении (примерно 2 : 1) [20]. Однако оптимальное соотношение железа и марганца в полыни холодной наблюдается в образцах 2008 г. и в полыни якутской – 2017–2018 гг. сбора. В образцах обоих видов 2015 г. наблюдается многократное превышение содержания железа и, соответственно, нарушение оптимального соотношения (до 14 : 1).

Биоплот, полученный в результате МГК-анализа (рис.) элементного состава обоих видов полыней, отражает влияние лесных пожаров и показывает зависимость содержания изученных элементов от видовой принадлежности.

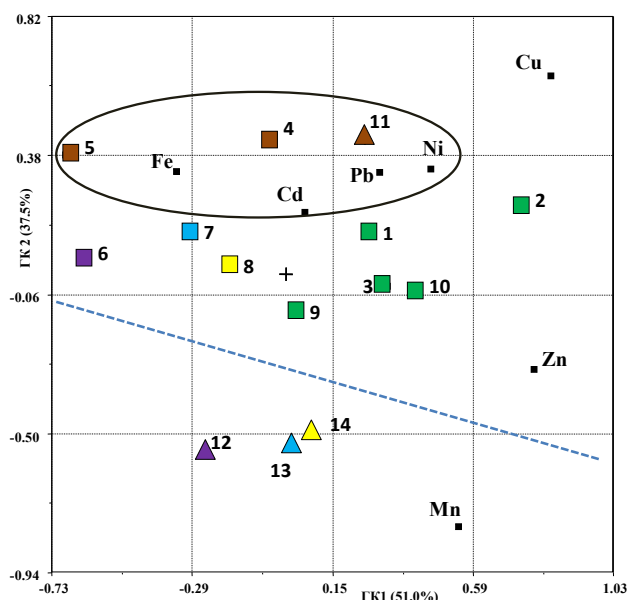
Содержание различных металлов в растениях *Artemisia frigida* Willd. *Artemisia jacutica* Drob. флоры России (Республика Бурятия) и Монголии

Место и дата сбора	Содержание, мг/кг*						
	Cu	Zn	Mn	Fe	Pb	Cd	Ni
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8
<i>Artemisia frigida</i>							
Россия, Республика Бурятия, Баргузинский район, местность Ульонский аршан, степной участок, 05.07.2008	7.22± 0.03	27.69± 0.49	41.40± 0.40	128.70± 1.80	2.28± 0.06	0.11± 0.003	2.85± 0.06
Россия, Республика Бурятия, Кяхтинский район, г. Кяхта, возле дороги, 11.08.2008	13.32± 0.07	30.86± 0.64	33.20± 0.50	53.00± 0.50	1.77± 0.04	0.19± 0.005	3.07± 0.13
Россия, Республика Бурятия, Селенгинский район, окр. с. Бораты, степной склон, 10.08.2008	8.34± 0.16	19.70± 0.50	95.80± 0.60	105.90± 1.50	2.56± 0.30	0.37± 0.008	3.28± 0.20
Россия, Республика Бурятия, Селенгинский район, Загустайский вал, 20.07.2015	24.36± 0.50	43.92± 0.61	62.30± 0.70	520.90± 23.50	6.05± 0.10	3.78± 0.05	5.10± 0.08

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
Россия, Республика Бурятия, Иволгинский район, предгорья Ганзуринского хребта, степь, 24.08.2015	19.57± 0.54	26.16± 0.55	120.50± 1.50	1669.00± 24.70	7.22± 0.47	3.49± 0.10	4.43± 0.15
Россия, Республика Бурятия, Иволгинский район, предгорья Ганзуринского хребта, степь, 12.08.2016	2.43± 0.13	22.16± 1.14	50.70± 1.20	503.70± 4.60	н.о.	н.о.	н.о.
Россия, Республика Бурятия, Иволгинский район, предгорья Ганзуринского хребта, степь, 01.08.2017	7.78± 0.14	16.24± 1.53	49.00± 0.40	281.80± 8.40	0.87± 0.02	0.20± 0.04	н.о.
Россия, Республика Бурятия, Иволгинский район, предгорья Ганзуринского хребта, степь, 22.08.2018	7.14± 0.09	31.89± 0.71	56.60± 0.80	281.20± 8.40	0.89± 0.04	0.10± 0.004	н.о.
Монголия, Архангайский аймак, местность Шар-нохой там, степной участок на склон горы, 18.08.2008	4.74± 0.03	22.99± 1.76	49.70± 1.80	129.60± 1.90	0.44± 0.04	0.27± 0.007	0.31± 0.004
Монголия, Селенгинский аймак, степь, 12.08.2008	11.22± 0.25	26.83± 0.57	49.50± 0.10	80.10± 0.40	0.10± 0.002	0.10± 0.001	0.58± 0.01
<i>Artemisia jacutica</i>							
Россия, Республика Бурятия, Еравнинский район, окр. с. Ширинга, песчаный берег, 21.08.2015	20.87± 0.20	24.86± 0.44	51.90± 0.50	211.50± 2.40	5.20± 0.59	3.60± 0.07	3.01± 0.50
Россия, Республика Бурятия, Еравнинский район, окр. с. Ширинга, песчаный берег, 24.08.2016	н.о.	20.41± 0.42	88.90± 0.30	109.50± 2.40	н.о.	н.о.	н.о.
Россия, Республика Бурятия, Еравнинский район, окр. с. Ширинга, песчаный берег, 21.08.2017	5.67± 0.10	82.04± 7.71	383.60± 3.20	279.60± 8.30	1.43± 0.02	0.26± 0.004	н.о.
Россия, Республика Бурятия, Еравнинский район, окр. с. Ширинга, песчаный берег, 31.08.2018	5.79± 0.17	57.34± 2.68	264.70± 4.80	177.00± 3.30	0.87± 0.07	0.30± 0.007	н.о.

*Примечание: приведено среднее значение из трех измерений; «н.о.» означает, что содержание ниже предела обнаружения.



Метод главных компонент. Биплот (ГК1-ГК2) данных по содержанию элементов в образцах *Artemisia frigida* Willd., собранных на территории России (Республика Бурятия), Монголии, и *Artemisia jacutica* Drob., на территории России (Республика Бурятия, Еравнинский район) в разные годы. Квадратами обозначены образцы полыни холодной, треугольниками – образцы полыни якутской; зеленым выделены образцы 2008 г. сбора, коричневым – 2015, фиолетовым – 2016, синим – 2017, желтым – 2018. Нумерация образцов дана согласно таблице

На графике образцы 2015 г. обоих видов составляют отдельный локус (на рисунке обозначены овалом). Для них характерно повышенное содержание железа, никеля, свинца и кадмия. Остальные образцы можно разделить на две группы по видовой принадлежности. Первая группа, расположенная в нижней части биплота, представлена образцами полыни якутской (2016–2018 гг.). Она характеризуется большим накопле-

нием марганца по сравнению с полынью холодной. Вторая группа образцов, концентрирующаяся в центральной части биоплота, представлена образцами полыни холодной, собранной на территории России (разные районы Бурятии) и Монголии. На их распределение большое влияние оказывает содержание меди и цинка. Обращает на себя внимание то, что образцы обоих видов 2016 г. на биоплоте находятся несколько обособленно по отношению к остальным образцам, что можно объяснить тем фактом, что через год продолжается поглощение накопленного после пожаров на поверхности почвы и растительных остатках кадмия, свинца, никеля и железа. Однако их содержание по кадмию и свинцу не превышает ПДС [2], а никель, железо, марганец, медь и цинк находятся в концентрациях, необходимых для нормальной жизнедеятельности растений [7, 16, 20–22].

Выводы

Исследовано содержание микроэлементов-биофилов (медь, цинк, марганец, железо, никель) и тяжелых металлов (свинец, кадмий) в надземной части полыни холодной и полыни якутской. Показано, что на содержание элементов большое влияние оказали лесные пожары, имевшие место в 2015 г. Несмотря на это, в последующие годы сбора содержание токсичных (свинец, кадмий) и жизненно необходимых элементов (медь, цинк, железо, марганец, никель) находится в пределах нормальной концентрации. Кроме того, полученные данные можно рассматривать как одни из показателей экологической и санитарно-гигиенической безопасности растительного сырья указанных видов растений флоры Бурятии (России) и Монголии.

Список литературы

1. Теплицкая Л.М., Кутявина Ю.Н., Юркова И.Н., Тайкова В.П. Влияние марганца на ростовые характеристики каллусной культуры *Astragalus dasyanthus* Pall. // *Modern Phytomorphology*. 2012. №2. С. 125–127.
2. ОФС.1.5.3.0009.15. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. М., 2015. 13 с.
3. Позняк С.С. Содержание некоторых тяжелых металлов в растительности полевых и луговых агрофитоценозов в условиях техногенного загрязнения почвенного покрова // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2011. №1(13). С. 123–137.
4. Прохорова Н.В., Матвеев В.А., Павловский В.А. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара, 1998. 97 с.
5. Кашин В.К. Условно необходимые микроэлементы в лекарственных растениях Забайкалья // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2011. №3. С. 259–266.
6. Кашин В.К. Жизненно необходимые микроэлементы в лекарственных растениях Забайкалья // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2009. №4. С. 379–388.
7. Меркушева М.Г., Убугунов В.Л., Лаврентьева И.Н. Тяжелые металлы в почвах и фитомассе кормовых угодий Западного Забайкалья // *Агрохимия*. 2001. №8. С. 63–72.
8. Баторова С.М., Убашеев И.О. Лекарственные растения Забайкалья, используемые в тибетской медицине при лечении ран // *Ресурсы растительного покрова Забайкалья и их использования*. Улан-Удэ, 1991. С. 169–182.
9. Блинова К.Ф., Куваев В.Б. Лекарственные растения тибетской медицины Забайкалья // *Вопросы фармакогнозии*. 1965. Т.3. С.163-178.
10. Гусева А.П. Применение важнейших лекарственных растений тибетской медицины по рецептам врача П.А. Бадмаева // *Элеутерококк и другие адаптогены из дальневосточных растений*. Владивосток, 1979. С. 309–322.
11. Саратиков А.С., Прищеп Т.П., Венгеровский А.И., Березовская Т.П., Калинкина Г.И., Серых Е.А. Противовоспалительные свойства эфирных масел тысячелистника азиатского и некоторых видов полыни // *Химико-фармацевтический журнал*. 1986. Т. 20. №5. С. 585–588.
12. Randalova T.E., Atazhanova G.A., Adekenov S.M., Zhigzhitzhapova S.V., Radnaeva L.D. A the Chemical Composition of Plants of the Genus *Artemisia* containing Arglabin of Russian (Buryatia) and Kazakhstan's floras // *Czech Chem. Soc. Symp. Ser.* 2015. N13. Pp. 163–234.
13. Адекенев С.М. Оригинальный препарат арглабин. Перспективы фармакологических исследований и применение в клинике // *Российский биотерапевтический журнал*. 2006. Т. 5. №1. С. 39–42.
14. Росгидромет: Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. М., 2016. 68 с.
15. Щербов Б.Л., Лазарева Е.В. Журкова И.С. Лесные пожары и их последствия (на примере сибирских объектов). Новосибирск, 2015. 154 с.
16. Тихомирова Л.И., Базарнова Н.Г., Халявин И.А. Элементный состав *Iris sibirica* L. в культуре in vitro // *Химия растительного сырья*. 2017. №2. С. 119–126.
17. Баяндина И.И., Загурская Ю.В. Взаимосвязь вторичного метаболизма и химических элементов в лекарственных растениях // *Сибирский медицинский журнал*. 2014. №8. С.107–111.
18. Племенков В.В. Химия изопреноидов. Барнаул, 2007. 322 с.
19. Леванидов Л.Я. Марганец как микроэлемент в связи с биохимией и свойствами таннидов. Челябинск, 1961. 187 с.

20. Копылова Л.В. Аккумуляция железа и марганца в листьях древесных растений в техногенных районах Забайкальского края // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. №1(3). С. 709–712.
21. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Л., 1974. 342 с.
22. Ильин В.Б., Юданова Л.А. Тяжелые металлы в почвах и растениях // Поведение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах: аналитический обзор. Часть 2. Процессы биоаккумуляции и экотоксикология Новосибирск, 1989. С. 6–47.

Поступила в редакцию 31 января 2019 г.

После переработки 28 февраля 2019 г.

Принята к публикации 29 апреля 2019 г.

Для цитирования: Дыленова Е.П., Жигжитжапова С.В., Рандалова Т.Э., Раднаева Л.Д., Ширеторова В.Г., Павлов И.А. Микроэлементы-биофилы и тяжелые металлы в *Artemisia frigida* Willd. и *Artemisia jacutica* Drob. // Химия растительного сырья. 2019. №4. С. 199–205. DOI: 10.14258/jcprm.2019045126.

Dylenova E.P.^{1*}, Zhigzhitzhapova S.V.¹, Randalova T.E.², Radnaeva L.D.¹, Shiretorova V.G.¹, Pavlov I.A.¹ BIOPHILE ELEMENTS AND HEAVY METALS IN *ARTEMISIA FRIGIDA* WILLD. AND *ARTEMISIA JACUTICA* DROB.

¹ Baikal Institute of Nature Management Siberian Branch of RAS, ul. Sakhyanovoy, 8, Ulan-Ude, 670047 (Russia), e-mail: edylenova@mail.ru

² Buryat State University, ul. Smolina, 24a, Ulan-Ude, 670000 (Russia)

Biophile microelements (copper, zinc, manganese, iron, nickel) and heavy metals (lead, cadmium) in the aerial part of *Artemisia frigida* Willd. and *Artemisia jacutica* Drob. of Russian (areas of the Republic of Buryatia) and Mongolian flora was presented in this paper. The quantitative content of the elements in the samples collected in 2008, 2015–2018 was studied using atomic absorption method performed on a SOLAAR M6 after preliminary decomposition by dry mineralization, and inductively coupled plasma atomic emission method (ICP) on a Profile Plus spectrometer after decomposition of samples in the MARS 6 microwave system. The content of the same elements in the aerial part of the same species of *Artemisia* varied in a wide range, which was consistent with the literature data. In addition, the Principle component analysis of the elemental composition of *A. frigida* and *A. jacutica* was presented in this paper. The biplot showed the impact of forest fires that took place on the territory of Buryatia in 2015. So this year was characterized by a high concentration of lead, cadmium, nickel, copper and iron in studied samples. Also, the biplot showed the elements content versus plant species. In general, the content of toxic (lead, cadmium, nickel) and vital elements (copper, zinc, iron, manganese) was within the normal concentration. Therefore, the aerial part of *A. frigida* and *A. jacutica* of Buryatian (Russia) and aimaks (Mongolia) flora can be considered as promising plant raw materials for using in medical practice.

Keywords: *Artemisia frigida* Willd., *Artemisia jacutica* Drob., biophile elements, heavy metals, medical plant raw material.

* Corresponding author.

References

1. Teplitskaya L.M., Kut'yavina YU.N., Yurkova I.N., Taykova V.P. *Modern Phytomorphology*, 2012, no. 2, pp. 125–127. (in Russ.).
2. OFS.1.5.3.0009.15. *Opredeleeniye sodержaniya tyazhelykh metallov i mysh'yaka v lekarstvennom rastitel'nom sy-r'ye i lekarstvennykh rastitel'nykh preparatakh*. [OFS.1.5.3.0009.15. Determination of the content of heavy metals and arsenic in medicinal plant materials and herbal medicines]. Moscow, 2015, 13 p. (in Russ.).
3. Poznyak S.S. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, 2011, no. 1(13), pp. 123–137. (in Russ.).
4. Prokhorova N.V., Matveyev V.A., Pavlovskiy V.A. *Akkumulyatsiya tyazhelykh metallov dikorastushchimi i kul'turnymi rasteniyami v lesostepnom i stepnom Povolzh'ye*. [Accumulation of heavy metals by wild-growing and cultivated plants in the forest-steppe and steppe Volga.]. Samara, 1998, 97 p. (in Russ.).
5. Kashin V.K. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*, 2011, no. 3, pp. 259–266. (in Russ.).
6. Kashin V.K. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*, 2009, no. 4, pp. 379–388. (in Russ.).
7. Merkusheva M.G., Ubugunov V.L., Lavrent'yeva I.N. *Agrokhiimiya*, 2001, no. 8, pp. 63–72. (in Russ.).
8. Batorova S.M., Ubasheyev I.O. *Resursy rastitel'nogo pokrova Zabaykal'ya i ikh ispol'zovaniya*. [Resources of Transbaikalia vegetation cover and their use]. Ulan-Ude, 1991, pp. 169–182. (in Russ.).
9. Blinova K.F., Kuvayev V.B. *Voprosy farmakognozii*, 1965, vol. 3, pp. 163–178. (in Russ.).
10. Guseva A.P. *Eleuterokokk i drugiye adaptogeny iz dal'nevostochnykh rasteniy*. [Eleutherococcus and other adaptogens from Far Eastern plants]. Vladivostok, 1979, pp. 309–322. (in Russ.).
11. Saratikov A.S., Prishchep T.P., Vengerovskiy A.I., Berezovskaya T.P., Kalinkina G.I., Serykh Ye.A. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 1986, vol. 20, no. 5, pp. 585–588. (in Russ.).
12. Randalova T.E., Atazhanova G.A., Adekenov S.M., Zhigzhitzhapova S.V., Radnaeva L.D. *Czech Chem. Soc. Symp. Ser.*, 2015, no. 13, pp. 163–234.
13. Adekenov S.M. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal*, 2006, vol. 5, no. 1, pp. 39–42. (in Russ.).
14. *Rosgidromet: Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2015 god*. [Roshydromet: Report on the climate in the Russian Federation for 2015]. Moscow, 2016, 68 p. (in Russ.).
15. Shcherbov B.L., Lazareva Ye.V., Zhurkova I.S. *Lesnyye pozhary i ikh posledstviya (na primere sibirskikh ob'yektov)*. [Forest fires and their consequences (on the example of Siberian objects)]. Novosibirsk, 2015, 154 p. (in Russ.).
16. Tikhomirova L.I., Bazarnova N.G., Khalyavin I.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 2, pp. 119–126. (in Russ.).
17. Bayandina I.I., Zagurskaya Yu.V. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, 2014, no. 8, pp. 107–111. (in Russ.).
18. Plemenkov V.V. *Khimiya izoprenoidov*. [Chemistry of isoprenoids]. Barnaul, 2007, 322 p. (in Russ.).
19. Levanidov L.Ya. *Marganets kak mikroelement v svyazi s biokhimiyei i svoystvami tannidov*. [Manganese as a trace element in connection with the biochemistry and properties of tannides]. Chelyabinsk, 1961, 187 p. (in Russ.).
20. Kopylova L.V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2010, vol. 12, no. 1(3), pp. 709–712. (in Russ.).
21. Shkol'nik M.Ya. *Mikroelementy v zhizni rasteniy*. [Trace elements in plant life]. Leningrad, 1974, 342 p. (in Russ.).
22. Il'in V.B., Yudanova L.A. *Povedeniye rtuti i drugikh tyazhelykh metallov v ekosistemakh: analiticheskiy obzor. Chast' 2. Protssy bioakkumulyatsii i ekotoksikologiya*. [The behavior of mercury and other heavy metals in ecosystems: an analytical review. Part 2. Bioaccumulation processes and ecotoxicology]. Novosibirsk, 1989, pp. 6–47. (in Russ.).

Received January 31, 2019

Revised February 28, 2019

Accepted April 29, 2019

For citing: Dylenova E.P., Zhigzhitzhapova S.V., Randalova T.E., Radnaeva L.D., Shiretorova V.G., Pavlov I.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 4, pp. 199–205. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpr.2019045126.

