

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА
ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (*HIPPORHAE RHAMNOIDES* L.)
ЛИСТЬЕВ****Н.А. Ковалева, О.В. Тринеева***ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
Российская Федерация, 394006, г. Воронеж, Университетская пл., 1

РЕЗЮМЕ. Вещества минерального происхождения не только оказывают общее суммарное лечебно-профилактическое действие на организм человека совместно с комплексом биологически активных веществ (БАВ) лекарственных растений, но и влияют на накопление целевых групп БАВ в лекарственном растительном сырье (ЛРС). Перспективным сырьем для облепихи являются не только плоды, но и другие части растения (листья, побеги, кора). Листья мало изучены в отношении химического, в том числе элементного, состава и остаются побочным продуктом при заготовке плодов, что не отвечает современным подходам к рациональному использованию природных ресурсов.

Цель исследования – изучение состава и способности к накоплению различных химических элементов в листьях облепихи крушиновидной.

Материалы и методы. Объект исследования – листья облепихи крушиновидной, собранные от дикорастущих растений в Воронежской области (Острогожский район) в периоды различных фенологических фаз жизни растения в 2021 г., а также образцы почвы с места произрастания. Золу общую и нерастворимую в 10% соляной кислоте определяли по соответствующим методикам общих фармакопейных статей Государственной фармакопеи РФ XIV издания. Состав элементов в образцах изучали методом хромато-масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Результаты и выводы. Для оценки полного элементного состава исследуемых образцов ЛРС выбрана фенофаза растения, которая показала наибольшее содержание золы, нерастворимой в HCl. Определено содержание 60 химических элементов, в том числе 13 эссенциальных. Установлено, что фосфор относится к высокоаккумулируемым элементам, натрия – к элементам среднего захвата, молибден, калий, кальций, мышьяк и свинец – к группе слабого накопления и среднего захвата. Остальные найденные минеральные компоненты относятся к группе слабого накопления и очень слабого захвата. Элементов энергичного накопления не обнаружено. В исследуемых образцах отмечено высокое содержание калия, кальция, магния, кремния, алюминия, железа и фосфора. Около 96 % элементов, накапливающихся в листьях, составляют макроэлементы. Содержание токсичных тяжелых металлов в лекарственном сырье не превышает допустимых норм. Содержание мышьяка несколько превышает установленные общие нормы для ЛРС. В листьях установлено превышение предельно допустимых концентраций (установленных для овощей и трав) железа, цинка, кобальта и хрома, что может свидетельствовать о способности листьев облепихи аккумулировать эти элементы из почвы. Содержание этих же элементов в почве места заготовки ЛРС также превышает допустимые нормы. Таким образом, заготовку данного ЛРС следует рекомендовать от культивируемых растений в экологически благоприятных районах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: листья облепихи крушиновидной, элементный состав, хромато-масс-спектрометрия, коэффициент биологического накопления.

ВВЕДЕНИЕ

Вещества минерального происхождения вместе с комплексом биологически активных веществ (БАВ) лекарственных растений оказывают общее суммарное терапевтическое и профилактическое действие на организм человека. Также известно, что микро- и ультрамикроэлементы влияют на накопление целевых групп БАВ в лекарственном

растительном сырье (ЛРС), активируя или ингибируя различные биохимические превращения внутри растительных клеток. Биохимический состав растений зависит от сорта, места произрастания, времени сбора и способа консервации.

Микроэлементный профиль растений несет в себе информацию об экологическом состоянии региона и непосредственно самого растения.

* Адрес для переписки:

Тринеева Ольга Валерьевна
E-mail: trineevaov@mail.ru

Изучение способности накопления различных химических элементов ЛРС дает возможность судить о безопасности его использования в медицинских целях.

Облепиха крушиновидная (ОК) (*Hippophae rhamnoides* L.) – ценный источник биологически активных веществ. Перспективным сырьем являются не только плоды, широко применяющиеся в медицине, но и другие части растения (листья, побеги, кора) (Букштынов и др., 1978; Михеев и др., 1990; Абдыкаликова и др., 2008; Мельников и др., 2010; Айтуарова и др., 2015; Айтуарова и др., 2016). Плоды данного растения используется для производства облепихового масла, а также препаратов на его основе (Гринеева, 2016). На основе экстракта листьев разработан и ранее широко использовался растительный препарат противовирусного действия «Гипо-рамин» (Морозов, 2007; Бортникова, 2011).

Фармакопейной статьи на препарат и листья зарегистрировано не было. Заготовку плодов ОК проводят как от культивируемых, так и от дикорастущих растений на различных территориях

Северной Америки, Европы и Азии. Листья при этом мало изучены в отношении химического состава, в том числе элементного, и остаются побочным продуктом при сборе плодов, что не отвечает современным подходам к рациональному использованию природных ресурсов. Кроме того, это ежегодно возобновляемый вид ЛРС, доступный для заготовки в промышленных масштабах.

Из литературных источников известно, что экстракты листьев облепихи обладают иммуностимулирующей и адаптогенной активностью (Vijayaraghavan, 2006; Saggu, 2007; Dharam, 2012; Usha, 2014; Мурзахметова и др., 2015; Кароматов и др., 2018; Тарасов и др., 2018). Благодаря богатому химическому составу (табл. 1) (Arimboor, 2008; Pop, 2014), и, как следствие, широкому спектру действия, листья облепихи являются ценным сырьем для дальнейшего углубленного изучения и поисков направлений возможного применения в медицине и фармации.

Ц е л ь и с с л е д о в а н и я – изучение состава и способности к накоплению различных элементов в листьях облепихи крушиновидной.

Таблица 1. Сводные данные о составе метаболома листьев облепихи крушиновидной

№ п/п	БАВ	Диапазон содержания	Источник
1	Хлорофиллы	160–760 мг%	Мельников и др., 2010
2	Каротиноиды	35–150 мг%	
3	Токоферолы (масло из листьев)	90–1137 мг%	
4	Дубильные вещества	9–36%	Абдыкаликова и др., 2008; Айтуарова и др., 2015; Айтуарова и др., 2016; Чиркина и др., 2009
5	Флавоноиды	0,255–2,50%	Jaroszewska, 2017; Чиркина и др., 2009
6	Аскорбиновая кислота	97–221,7 мг%	Jaroszewska, 2017; Чиркина и др., 2009
7	Полифенолы	0,858 %	Jaroszewska, 2017
8	Токоферолы	3,90–4,10 мг%	
9	Тиамин	0,034–0,14 мг%	
10	Рибофлавин	0,029–0,586 мг%	
11	Ниацин	0,486 мг%	
12	Моно- и дисахара	9,5%	Чиркина и др., 2009
13	Углеводы	2,81	Айтуарова и др., 2015; Айтуарова и др., 2016
14	Витамин А	0,155 мг%	
15	Антоцианы	0,055%	Кукина и др., 2016

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлись листья облепихи крушиновидной, заготовленные от дикорастущих растений (мужских и женских) на территории Воронежской области (Острогоржский район) в периоды различных фенологических фаз (Исачкин и др., 2019) жизни растения (1 – начало июня (фаза завязывания плодов), 2 – середина июля (фаза единичного созревания плодов), 3 – конец августа – начало сентября (фаза массового созревания плодов) 2021 г., а также образцы почвы с места произрастания. Сушку сырья производили воздушно-теневым способом до остаточной влажности не более 10%.

Зола общая и зола, нерастворимая в 10% кислоте хлористоводородной, определялись по соответствующим методикам ОФС ГФ XIV изд. (Государственная фармакопея Российской Федерации, XIV изд.). Все результаты эксперимента обрабатывали по требованиям ОФС ГФ XIV изд. (Государственная фармакопея Российской Федерации, XIV изд.) с применением пакета программного обеспечения «Statistica 12.0» и «Microsoft EXCEL» 2016 г.

Изучение состава элементов в образцах проводили методом хромато-масс-спектрометрии (ХМС) с индуктивно связанной плазмой («ELAN-DRC», США) (Щукин и др., 2020), для чего проведена пробоподготовка – кислотное разложение с использованием микроволнового излучения (МВИ N 002-ХМС-2009 «Методика выполнения измерений массовых долей 62 элементов в почвах, донных отложениях, горных породах и сплавах цветных металлов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой»).

Рабочие стандартные растворы (контроль правильности измерений осуществлялся методом добавок) готовили путем смешивания нескольких опорных многоэлементных стандартных растворов для масс-спектрометрии («Perkin-Elmer») или аналогичные, содержащие разные группы элементов. Для анализа почв использованы следующие референс-стандарты: почва дерновоподзолистая ГСО 5360-90, ООКО-153, почва дерновоподзолистая супесчаная ГСО 2498-83-2500-83, СДПС-1, СДПС-2, СДПС-3. Для анализа измельченных высушенных листьев: ГСО состава травосмеси (Тр-1), ГСО 8922-2007, ГСО состава

элодеи канадской (ЗК-1), ГСО 8921-2007, ГСО состава листа березы (ЛБ-1), ГСО 8923-2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для первичной оценки общей суммы минеральных компонентов может быть использован показатель общей зольности сырья (табл. 2). На данный вид растительного сырья отсутствует фармакопейная статья, что затрудняет оценку качества листьев по данному показателю. Накопление и систематизация подобных данных со всесторонними исследованиями фитохимического состава листьев с различных эколого-географических мест произрастания будут способствовать составлению современной нормативной документации (НД) на листья ОК. Для сравнения полученных результатов (табл. 2) использованы литературные данные (место заготовки – Индия и Украина). Получены сопоставимые результаты.

Для оценки полного элементного состава изучаемого ЛРС выбрана фенофаза растения, показавшая наибольшее содержание золы, нерастворимой в HCl (фенофаза 3). Этот показатель наиболее тесно коррелирует с накоплением тяжелых металлов в растении, так как известно, что хлориды тяжелых металлов (ртуть (II), свинец, серебро, медь и др.) характеризуются очень малой растворимостью в воде. Кроме того, при рекомендации листьев ОК к использованию в фармации и медицине и заготовки в промышленных масштабах рациональнее использовать именно данную фенофазу, поскольку раннее обезлиствление может привести к снижению накопления ценных групп БАВ в плодах – источнике фармакопейного препарата «Облепиховое масло». Также, согласно данным литературы (Науменко, 2020), в количественном отношении наибольшей суммой минеральных веществ характеризуются листья, заготовленные в начале осени. Результаты определения элементного состава листьев, а также почвы с места произрастания производящего растения приведены в табл. 3.

При исследовании определено содержание 60 химических элементов, в том числе 13 из 15 эссенциальных, роль которых неоднократно обсуждена в научной литературе (Власов, 2014). Следует отметить высокое содержание калия, кальция, магния, кремния, алюминия, железа и фосфора.

Таблица 2. Результаты оценки золы общей и золы, не растворимой в HCl листьев ОК

Фенофаза	Зола общая, %	Зола, нерастворимая в HCl, %	Влажность, %
1	4,50±0,47	0,09±0,05	7,57±0,047
2	5,14±0,30	0,20±0,06	7,67±0,036
3	4,92±0,22	0,21±0,08	8,36±0,068
(Dharam, 2012)	6,50	1,50	–
Листья, собранные летом (Науменко, 2020)	6,50	–	–
Листья, собранные осенью (Науменко, 2020)	7,60	–	–

Примечание: $p < 0,05$; «–» – достоверность различий при сравнении между экспериментальными показателями.

Таблица 3. Элементный состав листьев ОК и почвы с места произрастания, мкг/г

№ п/п	Элемент	Листья/ПДК	Почва/ПДК (подвижные формы)	Кбп	Степень накопления
1	2	3	4	5	6
<i>Макроэлементы</i>					
1	Калий (K)	10955	13300	0,82	СНиСЗ
2	Кальций (Ca)	10372	14156	0,73	
3	Магний (Mg)	1697	5800	0,29	
4	Натрий (Na)	336	4100	0,08	СЗ
5	Фосфор (P)	2125	2100	1,01	СН
<i>Микро- и ультрамикроэлементы</i>					
6	Алюминий (Al)	134	45900	$2,98 \cdot 10^{-3}$	СНиОСЗ
7	Кремний (Si)	653	287000	$2,27 \cdot 10^{-3}$	
1	Барий (Ba)	2,64	370,0	$7,14 \cdot 10^{-3}$	
2	Железо (Fe)	149*/5,0	28200	$5,29 \cdot 10^{-3}$	
3	Марганец (Mn)	60,90	630,0/700 (Черноземы)	$9,67 \cdot 10^{-2}$	
4	Медь (Cu)	1,62/5,0	43,0*/3,0	$3,77 \cdot 10^{-2}$	СНиСЗ
5	Молибден (Mo)	1,17	1,70/50,0	0,69	
6	Селен (Se)	0,85	1,50	0,57	СНиОСЗ
7	Кобальт (Co)	0,11*/0,03	11,0*/5,0	$1 \cdot 10^{-2}$	
8	Стронций (Sr)	29,0	130,0	0,22	СНиСЗ
9	Хром (Cr)	2,82*/0,2	55,0*/6,0	$5,13 \cdot 10^{-2}$	СНиОСЗ
10	Цинк (Zn)	23,03*/10	130,0*/23,0	0,18	СНиСЗ
11	Бериллий (Be)	Менее 0,001	1,70	$5,9 \cdot 10^{-4}$	СНиОСЗ
12	Ванадий (V)	0,43	11,0/150,0	$3,9 \cdot 10^{-2}$	
13	Висмут (Bi)	0,0013	0,092	$1,4 \cdot 10^{-2}$	
14	Вольфрам (W)	Менее 0,001	3,03	$3,3 \cdot 10^{-4}$	
15	Гадолиний (Gd)	Менее 0,007	4,30	$1,6 \cdot 10^{-3}$	
16	Галлий (Ga)	0,029	12,0	$2,4 \cdot 10^{-3}$	
17	Гафний (Hf)	Менее 0,002	3,10	$6,45 \cdot 10^{-4}$	
18	Германий (Ge)	Менее 0,0001	1,2	$8,3 \cdot 10^{-5}$	
19	Гольмий (Ho)	Менее 0,005	0,63	$7,9 \cdot 10^{-3}$	
20	Диспрозий (Dy)	Менее 0,009	3,30	$2,7 \cdot 10^{-3}$	
21	Европий (Eu)	Менее 0,004	0,902	$4,4 \cdot 10^{-3}$	
22	Золото (Au)	Менее 0,0001	0,16	$6,25 \cdot 10^{-4}$	
23	Индий (In)	–	0,055	–	–

1	2	3	4	5	6	
24	Итрий (Y)	0,04	17,0	$2,35 \cdot 10^{-3}$	СНиОСЗ	
25	Иттербий (Yb)	Менее 0,005	1,70	$5,13 \cdot 10^{-2}$		
26	Лантан (La)	0,05	25,0	$2,0 \cdot 10^{-3}$		
27	Литий (Li)	0,36	27,0	$1,3 \cdot 10^{-2}$		
28	Лютеций (Lu)	Менее 0,002	0,31	$6,45 \cdot 10^{-3}$		
29	Неодим (Nd)	0,07	23,0	$3,04 \cdot 10^{-3}$	СНиОСЗ	
30	Никель (Ni)	0,45/3,0	32,0*/4,0	$1,4 \cdot 10^{-2}$		
31	Ниобий (Nb)	0,01	8,20	$5,13 \cdot 10^{-2}$		
32	Олово (Sn)	Менее 0,0001	4,30	$1,2 \cdot 10^{-3}$		
33	Платина (Pt)	Менее 0,0001	1,0	$1,0 \cdot 10^{-4}$		
34	Празеодим (Pr)	0,01	6,10	$1,6 \cdot 10^{-3}$		
35	Рубидий (Rb)	3,62	75,0	$4,8 \cdot 10^{-2}$		
36	Самарий (Sm)	Менее 0,004	4,20	$9,5 \cdot 10^{-4}$		
37	Серебро (Ag)	Менее 0,0001	0,198	$5,1 \cdot 10^{-4}$		
38	Скандий (Sc)	Менее 0,002	3,0	$5,13 \cdot 10^{-2}$		
39	Сурьма (Sb)	0,02	0,99/4,5 (валовое содержание)	$6,7 \cdot 10^{-4}$		
40	Таллий (Tl)	Менее 0,004	0,36	$1,1 \cdot 10^{-2}$		
41	Тантал (Ta)	Менее 0,001	0,53	$1,9 \cdot 10^{-3}$		
42	Теллур (Te)	Менее 0,007	0,16	$4,4 \cdot 10^{-2}$		
43	Тербий (Tb)	Менее 0,004	0,64	$6,25 \cdot 10^{-3}$		
44	Титан (Ti)	7,10	3040	$2,3 \cdot 10^{-3}$		
45	Торий (Th)	0,015	6,90	$2,2 \cdot 10^{-3}$		
46	Тулий (Tm)	Менее 0,004	0,29	$1,4 \cdot 10^{-2}$		
47	Уран (U)	0,008	1,50	$5,3 \cdot 10^{-3}$		
48	Цезий (Cs)	0,02	3,20	$6,25 \cdot 10^{-3}$		
49	Церий (Ce)	Менее 0,00001	53,0	$1,88 \cdot 10^{-7}$		
50	Цирконий (Zr)	Менее 0,0003	110,0*/6,0	$2,7 \cdot 10^{-6}$		
51	Эрбий (Er)	Менее 0,005	1,80	$2,8 \cdot 10^{-3}$		
52	Рутений (Ru)	–	0,01	–		–
53	Рений (Re)	–	0,01	–		–
<i>Нормируемые токсичные элементы</i>						
1	Кадмий (Cd)	0,008/1,0	0,44/2,0	$1,8 \cdot 10^{-2}$	СНиОСЗ	
2	Мышьяк (As)	0,54*/0,5	1,0/2,0 (валовое содержание)	0,54	СНиСЗ	
3	Ртуть (Hg)	Менее 0,0001/0,1	0,17/2,1 (валовое содержание)	$5,88 \cdot 10^{-4}$	СНиОСЗ	
4	Свинец (Pb)	5,10/6,0	31,0/32,0 (валовое содержание)	0,16	СНиСЗ	

П р и м е ч а н и я : «–» – не обнаружен; * – элементы, для которых выявлено превышение ПДК; СНиСЗ – элементы слабого накопления и среднего захвата; СЗ – элементы слабого захвата; СН – элементы сильного накопления; СНиОСЗ – элементы слабого накопления и очень слабого захвата; ЭН – элементы энергичного накопления.

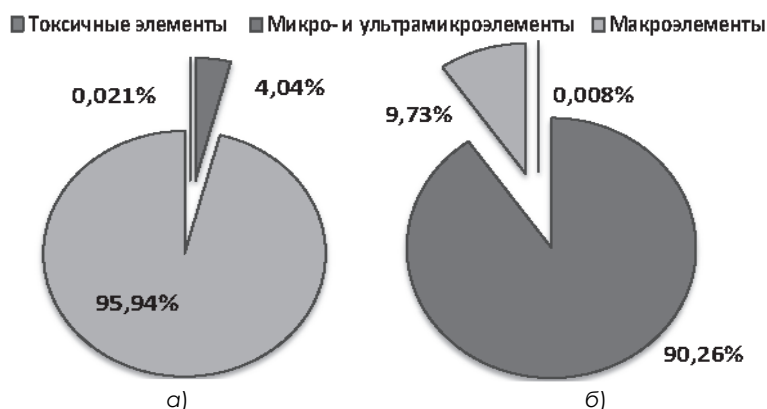


Рис. 1. Содержание макро- и микроэлементов в листьях ОК (а) и почве с места произрастания (б)

В результате примерно 96% накапливающихся в листьях ОК элементов относятся к макроэлементам (рис. 1). При этом содержание в почве токсичных для человека элементов, нормируемых в ЛРС, только в 5,77 раз больше, чем в анализируемом образце (рис. 1), что свидетельствует о способности данного растения к их концентрированию в процессе вегетационного периода. Для сравнения, соотношение этих элементов в почве/плодах составляет 377 раз (Рудая и др., 2018).

По максимальному содержанию в листьях можно составить следующий ряд элементов в порядке убывания: Al > Fe > Zn > Mn > Zn > Pb > Cr > Cu > Ni > Co > Cd > Bi > Ag > Hg. Содержание токсичных тяжелых металлов в ЛРС не превышает допустимых нормативов (Государственная фармакопея Российской Федерации, XIV изд.). Содержание As незначительно превышает установленные общие нормы ПДК для ЛРС. Это не единственный случай среди лекарственных растений фармакопейных видов (Bega, 2019). Известно, что содержание As в листьях мяты, произрастающей на почвах, обогащенных данным элементом, часто превышает максимально допустимые в НД количества (Szakova, 2011; Bega, 2019). Многие растения обладают природной толерантностью к элементным токсикантам и способны накапливать их в заметных количествах.

Полученные результаты требуют уточнения и наработки статистики по содержанию As в листьях, заготовленных и на других территориях. В случае выявления устойчивости листьев ОК к As может потребоваться введение для этого растения индивидуальных норм содержания As, аналогично ламинарии (индивидуальная норма на As в отечественной и Европейской фармакопее). Однако введение подобных норм возможно лишь

в случае отсутствия значительного перехода мышьяка из ЛРС в лекарственные растительные препараты, или перехода в малотоксичной органической форме (Щукин, 2020).

По нормативам СанПин 2.3.21078-01 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов» (СанПин 2.3.21078-01), а также ОФС «Определение тяжелых металлов в ЛРС» ГФ XIV (Государственная фармакопея Российской Федерации, XIV изд.) в табл. 3 указаны предельно допустимые концентрации (ПДК) токсичных элементов в растительном сырье. В листьях ОК отмечено превышение ПДК (установленные для овощей и зелени) для Fe, Zn, Co и Cr, что может свидетельствовать о способности листьев данного растения накапливать эти элементы из почвы. Полученные результаты закономерны, так как, согласно нормативам содержания элементов в почвах (Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве, 2006), почва с места произрастания показала превышение ПДК для Zr, Ni, Zn, Co, Cu и Cr.

В связи с уникальностью полученных данных по такому огромному набору элементов (ультрамикроэлементов), в работе проведено сравнение экспериментальных результатов с данными, полученными на других видах растений, заготовленных на территории Воронежской области (табл. 4).

Анализ данных табл. 3 и 4 показывает, что содержание Bi в листьях облепихи крушиновидной сопоставимо с плодами (не накапливается) и на порядок меньше по сравнению с сырьем аналогичной морфологической группы, произрастающим в Воронежской области. Так, Ga, Nd, Pr Y, U и La имеют тенденцию к накоплению в подзем-

ных органах растений, Nb и Cs мало накапливаются в растениях данного региона. Содержание Rb и Ti примерно одинаково в сравниваемых образцах с некоторой тенденцией к концентрированию в корневищах с корнями. Сурьма в исследуемых

листьях показала сопоставимые значения с листьями других видов данного региона заготовки. Содержание других элементов (табл. 4) невелико и показывает сходные значения между собой, за исключением плодов, являясь на порядок меньшим.

Таблица 4. Сравнительные данные по накоплению некоторых ультрамикроразноэлементов в различных видах лекарственных растений, заготовленных на территории Воронежской области

№ п/п	Ультра-микро-элемент	Содержание, мкг/г						
		Плоды облепихи крушиновидной (Тринеева и др., 2015)	Трава тимьяна ползучего (Винокурова др., 2016)	Корневища с корнями валерианы (Колосова и др., 2022)	Листья крапивы двудомной (Тринеева и др., 2015)	Листья мяты водной (Коренская и др., 2020)	Листья амаранта печального (Коренская и др., 2020)	Листья малины обыкновенной (Мальцева и др., 2017)
1	Bi	0,0050	0,0041	0,011	0,0555	0,0031	0,06	0,0118
2	Ga	0,03782	0,022	0,26	0,0944	0,068	0,10	0,086
3	Y	0,008784	0,038	0,57	0,0477	0,015	0,065	0,080
4	La	0,02684	0,051	0,75	0,0888	0,024	0,086	0,250
5	Cs	0,004514	0,061	0,063	0,01332	0,0043	0,018	0,023
6	Nd	0,01952	0,044	0,75	0,0699	0,017	0,079	0,160
7	Nb	0,004148	0,02	0,062	0,0056	0,0063	0,0075	0,012
8	Pr	0,004636	0,011	0,2	0,0120	0,0058	0,02	0,048
9	Rb	5,1728	5,81	17,4	5,2614	5,31	8,75	3,510
10	Ti	1,2200	7,88	12,6	3,4521	2,46	2,93	7,98
11	Te	–	Менее 0,001	0,072	–	0,0079	–	–
12	U	0,001708	0,044	0,14	0,0048	0,003	0,0033	0,025
13	Sb	0,013664	0,047	0,024	0,0179	0,021	0,0045	0,0209
14	Th	–	0,14	0,19	0,0200	0,0049	0,023	0,064
15	Ta	0,003599	0,031	0,0042	0,0169	0,00064	0,0021	0,0008
16	Tl	0,0010736	0,017	0,078	0,0010	0,0007	0,00175	0,0025
17	Tb	0,0007442	0,013	0,023	0,0020	0,00054	0,0028	0,0037

Растения обладают способностью избирательно поглощать определенные элементы в соответствии со своими физиологическими потребностями, поэтому элементный состав ЛРС в значительной степени зависит от качества почв, на которых они произрастают (Минкина, 2013). Значения коэффициентов биологического поглощения (Кбп), введенного А.И. Перельманом около 50 лет назад для характеристики поглощающей способности из почвы растением того или иного элемента (Перельман, 1975), приведены в табл. 3. Критерии отнесения элементов по классификации представлены в табл. 5.

Таблица 5. Классификация элементов по Перельману на основе Кбп

Значение Кбп	Характеристика элемента
$n \cdot 10^1 \dots n \cdot 10^2$	Энергично накапливаемый
$n \cdot 10^0 \dots n \cdot 10^1$	Сильно накапливаемый
$n \cdot 10^{-1} \dots n \cdot 10^0$	Слабого накопления и среднего захвата
$n \cdot 10^{-1}$	Слабого захвата
$n \cdot 10^{-1} \dots n \cdot 10^{-2}$	Слабого накопления и очень слабого захвата



Рис. 2. Доля элементов по способности к накоплению из почвы (по Кбп)

Таблица 6. Сравнительный анализ содержания элементов в листьях растения *Hierorphaes rhamnoides L.*, заготовленных на различных территориях, мкг/г

№ п/п	Элемент	Украина (Науменко и др., 2020)		Алтайский край (Скуридин и др., 2013)	Европейская часть РФ (Богомолова и др., 2013)	Польша (средние значения по сортам)	
		Листья, собранные летом	Листья, собранные осенью			(Tkacz, 2021)	(Jaroszevska, 2017)
<i>Макроэлементы</i>							
1	Na	1600	1770	–	–	1436	9100
2	K	11500	11550	7400	–	7062	13575
3	Ca	6400	6900	21500	–	8100	3620
4	Mg	2250	2450	–	–	713	1957
5	P	960	1000	–	–	–	4500
<i>Микро- и ультрамикроэлементы</i>							
1	Si	2900	3700	–	–	–	–
2	Al	320	460	–	–	–	–
3	Fe	320	420	190	3	105	539
4	Zn	420	58	19	2	11	319
5	Cu	2,50	2,30	2,40	0,81	21,69	3,74
6	Mn	256	231	130	–	111	–
7	Mo	0,60	0,60	0,07	–	–	–
8	Pb	0,30	0,30	0,81	–	–	Не обн.
9	Ni	1,30	0,80	1,70	–	–	–
10	Sr	22,0	23,0	70,0	–	–	–
11	Cr	–	–	2,0	–	–	1,1
12	As	–	–	0,11	–	–	–
13	Co	–	–	0,07	–	–	–

Распределение элементов в листьях ОК по классификации А.И. Перельмана представлено на рис. 2. Энергично накапливаемых элементов не выявлено. К сильно накапливаемым элементам относится только Р равно, как и в плодах данного растения (Рудая и др., 2018). Натрий относится к элементам среднего захвата. Такие элементы, как Мо, К, Са, К, Se, As и Pb относятся к группе слабого накопления и среднего захвата. Следовательно, при сборе листьев от культивируемых растений на экологически благоприятных территориях значительного содержания контролируемых элементов в сырье не обнаружится. Остальные выявленные минеральные компоненты относятся к группе слабого накопления и очень слабого захвата.

Для оценки влияния места произрастания на накопление различных элементов в листьях *Hippophaes rhamnoides* L. представлялось интересным провести сравнительный анализ (табл. 6) на основе имеющихся литературных данных (Мельников и др., 2008; Мотылева и др., 2009; Богомолова и др., 2013; Скуридин и др., 2013; Jaroszewska, 2017; Науменко и др., 2020; Tkacz, 2021).

Анализ данных табл. 6 свидетельствует о сопоставимости полученных нами результатов с опубликованными в литературе для листьев, заготовленных в других районах произрастания.

ЛИТЕРАТУРА

- Абдыкаликова К.А., Нечипоренко Л.П. Фитохимический состав надземной части облепихи крушиновидной. Вестник КГПИ. 2008; 4: 104–107.
- Айтуарова А.Ш., Жусупова Г.Е. Выделение биологически активных веществ из надземной части растения вида *Hippophae rhamnoides* L. и возможности их использования в медицине. Вестник Казахского национального медицинского университета. 2016; 3: 195–197.
- Айтуарова А.Ш., Жусупова Г.Е. Качественная и количественная оценка состава биологически активных веществ надземной части растения вида *Hippophae rhamnoides* L. Известия научно-технического общества «КАХАК». 2015; 4(51): 4–10.
- Богомолова Н. И., Мотылева С. М. Содержание биогенных элементов в вегетативных органах и плодах облепихи крушиновидной. Современное садоводство. 2013, 4(8): 1–7.
- Бортникова В.В. Экспериментальное изучение безопасности гипорамина – нового фитопрепарата противовирусного действия. Биомедицина. 2011, 3: 106–108.
- Букштынов А.Д., Трофимов Т.Т., Ермаков Б.С. и др. Облепиха. М.: Изд-во «Лесная промышленность». 1978; 192 с.
- Винокурова О.А., Сливкин А.И., Тринеева О.В. Исследования элементного состава травы тимьяна ползучего различных фирм-производителей. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2016; 3: 101–104.
- Власов А.С., Белоногова В.Д., Курицын А.В. Оценка экологической безопасности лекарственного растительного сырья некоторых районов Пермского края. Современные проблемы науки и образования. 2014; 5. URL: www.science-education.ru/119-15027 (дата обращения: 19.02.2018).
- Государственная фармакопея Российской Федерации XIV издание. URL: <https://femb.ru/record/pharmacopea14> (дата обращения: 03.02.2022)
- Гудкова А.А., Чистякова А.С., Сливкин А.И., Сорокина А.А. Сравнительное изучение минерального комплекса травы горца почечуйного (*Polygonum persicaria* L.) и горца войлочного (*Persicaria tomentosa* (SCHRANK) E.P. BICKNELL). Микрорезультаты в медицине. 2019; 1(20): 25–42. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-1-35-42.

Элементный состав листьев ОК зависит от экологического благополучия региона заготовки. В частности, не выявлено накопление токсичных элементов – As и Pb данным сырьем. Следовательно, возможно и целесообразно дальнейшее всестороннее изучение состава метаболома листьев с целью разработки и внедрения лекарственных растительных препаратов на их основе.

ВЫВОДЫ

Определен состав элементов листьев ОК, заготовленных на территории Воронежской области, методом масс-спектрометрии. Содержание безусловно токсичных тяжелых металлов не превышает нормативов, установленных для оценки качества ЛРС. Содержание As незначительно превышает установленные общие нормы. Для листьев ОК, как установлено на основе данных расчета Кбп, As относится к группе элементов слабого накопления и среднего захвата. Следует рекомендовать заготовку данного ЛРС от культивируемых растений на экологически благоприятных территориях. В изучаемых листьях выявлено превышение установленных для овощей и зелени ПДК таких потенциально токсичных тяжелых металлов, как железо, цинк, кобальт и хром. Содержание этих же элементов в почве с места заготовки ЛРС также превышает допустимые нормативы.

Исачкин А.В., Зубик И.Н., Потапова А.В., Ермаков М.А. Корреляционный анализ фенофаз и феноинтервалов у сортов облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides* L.) в коллекции ГБС РАН им. Н.В. Цицина. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019; 2: 64–69.

Кароматов И.Д., Букаев М.К. Облепиха как адаптогенное, повышающее физическую силу лекарственное растение. Биология и интегративная медицина. 2018; 6(23): 37–47.

Колосова О.А., Тринева О.В. Сравнительная оценка аккумуляции различных элементов из почвы сырьем валериан сомнительной и волжской, произрастающих на территории Воронежской области. Микроэлементы в медицине. 2022; 23(1): 54–66. DOI: 10.19112/2413-6174-2022-23-1-54-66.

Коренская И.М., Беляева А.А., Колосова О.А., Трофимова Т.Г., Измалкова И.Е., Сливкин А.И. Изучение анатомо-диагностических признаков и элементного состава листьев амаранта печального, культивируемого в Воронежской области. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2020; 3: 37–44.

Коренская И.М., Беляева А.А., Чистякова А.С., Колосова О.А., Карлов П.М. Экспериментальные исследования по изучению минерального состава листьев мяты длиннолистной и мяты водной. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2020; 1: 67–74.

Кукина Т.П., Щербаков Д.Н., Геньш К.В. и др. Биоактивные компоненты древесной зелени облепихи *Hippophae rhamnoides* L. Химия растительного сырья. 2016; 1: 37–42. DOI: 10.14258/jcrpm.2016011100.

Мальцева А.А., Коренская И.М., Шевцова А.Ю., Чистякова А.С., Сливкин А.И., Каракозова С.А. Анализ аминокислотного и элементного состава листьев малины обыкновенной, заготовленных в Воронежской области. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017; 3: 100–105.

МВИ № 002-ХМС-2009. «Методика выполнения измерений массовых долей 62 элементов в почвах, донных отложениях, горных породах и сплавах цветных металлов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой». (МВИ № 002-НМС-2009).

Мельников О.М., Верещагин А.Л., Кошелев Ю.А. Исследование биологически активных соединений почек и листьев мужских растений облепихи крушиновидной. Химия растительного сырья. 2010, 2: 113–116.

Мельников О.М., Верещагин А.Л., Кошелев Ю.А. Исследование микроэлементного состава листьев и почек облепихи крушиновидной *Hippophaë rhamnoides* L. Товарный консалтинг и аудит потребительского рынка. 2008: 128–132.

Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Мирошниченко Н.Н., Фатеев А.И., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А. Накопление и распределение тяжелых металлов в растениях зоны техногенеза. Агрехимия. 2013; 9: 65–75.

Михеев А.М., Деменко В.И. Облепихи. М: Росагропромиздат. 1990. 48 с.

Морозов В.И. Культура облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides* L.) как источник сырья для производства препарата «Гипорамин». Химико-фармацевтический журнал. 2007. 8(41): 19–21.

Мотылева С.М., Богомолова Н.И. Мониторинг абиогенных металлов в плодах и листьях облепихи крушиновидной. Селекция, генетика и сортовая агротехника плодовых культур: сборник научных статей. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2009: 131–134.

Мурзахметова М.К., Утегалиева Р.С., Аралбаева А.Н., Лесова Ж.Т. Исследование антиоксидантных и мембранопротекторных свойств экстрактов облепихи. Actualscience. 2015; 5(1): 26–28.

Науменко Л.С., Попова Н.В., Гладух Е.В., Бобрицкая Л.А. Исследование минерального состава сырья облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides* L.).

Перельман А.И. Геохимия ландшафта. Москва: Высшая школа, 1975. 392 с.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006; 15 с.

Рудая М.А. Тринева О.В., Сливкин А.И. Исследование элементного состава плодов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* l.) различных сортов. Микроэлементы в медицине. 2018; 3(19): 49–59. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-3-49-59.

СанПин 2.3.21078-01 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов» от 14.11.2001/22.03.02. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.service-holod.ru/SanPiN2/SanPiN_2_3_2_1078_01.htm. Загл. с экрана.

Скуридин Г.М., О. В. Чанкина, А.А. Легкодымов, В.К. Креймер, Н.В. Багинская, К.П. Куценогий Микроэлементный состав тканей облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.). Известия РАН. Серия Физическая. 2013; 2(77): 229–232. DOI: 10.7868/S0367676513020348.

Тарасов А.В., Бухаринова М.А., Хамзина Е.И. Определение антиоксидантной активности водных экстрактов некоторых растений Уральского региона. Индустрия питания=Food Industry. 2018; 2(3): 31–38. DOI: 10.29141/2500-1922-2018-3-2-5

Тринева О.В. Комплексное исследование содержания и специфического профиля биологически активных веществ плодов облепихи крушиновидной. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016; 224 с.

Тринева О.В., Сливкин А.И., Дортгульев Б. Определение тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье и масляных препаратах на его основе (на примере листьев крапивы двудомной и плодов облепихи крушиновидной). Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2015; 1: 152–155.

Чиркина Т.Ф., Золотарева А.М., Пластинина З.А. Перспективные растительные источники биологически активных веществ в байкальском регионе. Техника и технология пищевых производств. 2009; 1(12): 71–74.

Щукин В.М., Жигилей Е.С., Ерина А.А., Швецова Ю.Н., Кузьмина Н.Е., Лутцева А.И. Валидация методики определения ртути, свинца, кадмия и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах на его основе методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Химико-фармацевтический журнал. 2020; 54(9): 57–64. doi.org/0.30906/0023-1134-2020-54-9-57-64.

Arimboor R., Kumar K.S., Arumughan C. Simultaneous estimation of phenolic acids in Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) using RP-HPLC with DAD. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2008, 47(1): 31–38. DOI: 10.1016/j.jpba.2007.11.045.

Begaa S, Messaoudi M. Toxicological aspect of some selected medicinal plant samples collected from Djelfa, Algeria Region. Biological trace element research. 2019; 187(1): 301-6. doi.org/10.1007/s12011-018-1365-3.

Criste A., Urcan A.C., Bunea A., Furtuna F.R.P., Olah N.K., Madden R.H., Corcionivoschi N. Phytochemical Composition and Biological Activity of Berries and Leaves from Four Romanian Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides* L.) Varieties. Molecules. 2020; 25(5): 1170. doi.org/10.3390/molecules25051170.

Dharam P.A., Amrit K.S., Jyoti K., Tanveer N. Pharmacognostical Characterization & Preliminary Phytochemical Investigation of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Leaves. Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences. 2012; 2(2): 108–113.

Jaroszewska A., Biel W. Chemical composition and antioxidant activity of leaves of mycorrhized sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Chilean journal of agricultural research. 2017; 77(2): 155–162. doi:10.4067/S0718-58392017000200155.

Pop R.M., Weesepeol Y., Socaciu C., Pintea A., Vincken J.P., Gruppen H. Carotenoid composition of berries and leaves from six Romanian Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) varieties. Food Chem. 2014; 147: 1–9. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.09.083.

Saggu S., Divekar H.M., Gupta V., Sawhney R.C., Banerjee P.K., Kumar R. Adaptogenic and safety evaluation of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaf extract: a dose dependent study. Food Chem Toxicol. 2007; 45(4): 609–617. doi: 10.1016/j.fct.2006.10.008.

Szakova J., Tlustoš P., Goessler W., Pokorný T., Findenig S., Balik J. The Effect of Soil Contamination Level and Plant Origin on Contents of Arsenic, Cadmium, Zinc, and Arsenic Compounds in *Mentha Aquatica* L. Archives of Environmental Protection. 2011; 37(2): 109–121.

Tkacz K., Wojdyło Igor A., Turkiewicz P., Nowicka P. Triterpenoids, phenolic compounds, macro- and microelements in anatomical parts of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries, branches and leaves. Journal of Food Composition and Analysis. 2021; 103 (104107). doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104107.

Usha T., Middha S.K., Goyal A.K., Karthik M., Manoj D., Faizan S., Goyal P., Prashanth H., Pande V. Molecular docking studies of anti-cancerous candidates in *Hippophae rhamnoides* and *Hippophae salicifolia*. The Journal of Biomedical Research. 2014, 28(5): 406–415. doi: 10.7555/JBR.28.20130110.

Vijayaraghavan R., Gautam A., Kumar O., Pant S.C., Sharma M., Singh S., Kumar H.T., Singh A.K., Nivsarkar M., Kaushik M.P., Sawhney R.C., Chaurasia O.P., Prasad G.B. Protective effect of ethanolic and water extracts of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) against the toxic effects of mustard gas. Indian Journal of Experimental Biology. 2006; 44(10): 821–831.

RESEARCH OF ELEMENT COMPOSITION OF SEA BUCKTHORN (*HIPPOPHAE RHAMNOIDES* L.) LEAVES

N.A. Kovaleva, O.V. Trineeva

Voronezh State University,
394006, Russia, Voronezh, Universitetskaya pl., 1; trineevaov@mail.ru

ABSTRACT. Substances of mineral origin not only have a general total therapeutic and prophylactic effect on the human body, together with a complex of biologically active substances (BAS) of medicinal plants, but also affect the accumulation of target groups of BAS in medicinal plant raw materials (MPR), activating or inhibiting various biochemical transformations inside plant cells. The microelement profile of plants carries information about the ecological state of the region and the plant itself. Promising raw materials for sea buckthorn are not only fruits, but also other parts of the plant (leaves, shoots, bark). Harvesting of fruits is carried out both from cultivated and wild plants in various territories of North America, Europe and Asia. At the same time, leaves have been little studied in terms of chemical composition, including elemental composition, and remain a by-product when harvesting fruits, which does not meet modern approaches to the rational use of natural resources.

The aim of the study was to study the composition and ability to accumulate various elements in the leaves of sea buckthorn.

Materials and methods. The objects of the study were the leaves of sea buckthorn buckthorn, harvested from wild plants (male and female) in the Voronezh region (Ostrogorzhsy district) during periods of various phenological

phases of the life of the plant in 2021, as well as soil samples from the place of growth. Total ash and ash insoluble in 10% hydrochloric acid were determined according to the relevant methods of the general pharmacopoeial articles of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation of the XIV edition. The composition of the elements in the samples was studied by inductively coupled plasma chromato-mass spectrometry.

Results. To assess the full elemental composition of the studied MPR, the phenophase of the plant was selected, which showed the highest content of ash insoluble in HCl (phenophase 3). The study determined the content of 60 chemical elements, including 13 out of 15 essential ones. It should be noted the high content of potassium, calcium, magnesium, silicon, aluminum, iron and phosphorus. About 96% of the elements accumulating in the leaves are macroelements. The content of toxic heavy metals in medicinal products does not exceed the permissible limits. The content of arsenic slightly exceeds the established general norms for MPR. The results obtained require clarification and development of statistics on the content of arsenic in leaves harvested in other territories. If leaves are found to be resistant to arsenic, it may be necessary to introduce individual norms for its content, similar to kelp (individual norm in the domestic and European pharmacopoeia). In the leaves, the maximum allowable concentrations (established for vegetables and herbs) for iron, zinc, cobalt and chromium were found to be exceeded, which may indicate the ability of the leaves of this plant to accumulate these elements from the soil. The results obtained are logical, since, according to the standards for the content of elements in soils, the soil from the place of growth showed their excess for zirconium, nickel, zinc, cobalt, copper and chromium. No energetically accumulated elements were found. Only P belongs to the highly accumulated elements. Na belongs to the elements of the average capture. Elements such as Mo, K, Ca, K, As and Pb belong to the group of weak accumulation and medium capture. The remaining found mineral components belong to the group of weak accumulation and very weak capture.

Conclusions. The composition of the elements of sea buckthorn leaves, harvested in the Voronezh region, was determined by mass spectrometry. The content of unconditionally toxic heavy metals does not exceed the standards established for assessing the quality of medicinal herbs. The content of arsenic slightly exceeds the established general norms. For sea buckthorn leaves, as established on the basis of biological absorption coefficient calculation data, arsenic belongs to the group of elements of low accumulation and medium capture. It should be recommended to harvest this MPR from cultivated plants in ecologically favorable areas. In the studied leaves, an excess of the maximum permissible concentrations of potentially toxic heavy metals, such as iron, zinc, cobalt and chromium, established for vegetables and greens, was revealed. The content of the same elements in the soil from the place of harvesting of MPR also exceeds the permissible standards.

KEYWORDS: leaves of sea of buckthorn, elemental composition, chromatography-mass spectrometry, coefficient of biological accumulation.

REFERENCES

- Abdykalikova K.A., Nechiporenko L.P. Fitokhimicheskii sostav nadzemnoi chasti oblepikhi krushinovidnoi. Vestnik KGPI. 2008; 4: 104–107 [in Russ].
- Aituarova A.Sh., Zhusupova G.E. Vydelenie biologicheskii aktivnykh veshchestv iz nadzemnoi chasti rasteniya vida *Hippophae rhamnoides* L. i vozmozhnosti ikh ispol'zovaniya v meditsine. Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo meditsinskogo universiteta. 2016; 3: 195–197 [in Russ].
- Aituarova A.Sh., Zhusupova G.E. Kachestvennaya i kolichestvennaya otsenka sostava biologicheskii aktivnykh veshchestv nadzemnoi chasti rasteniya vida *Hippophae rhamnoides* L. Izvestiya nauchno-tekhnicheskogo obshchestva «KAKhAK». 2015; 4(51): 4–10 [in Russ].
- Bogomolova N. I., Motyleva S. M. Soderzhanie biogennykh elementov v vegetativnykh organakh i plodakh oblepikhi krushinovidnoi. Sovremennoe sadovodstvo. 2013, 4(8): 1–7 [in Russ].
- Bortnikova V.V. Eksperimental'noe izuchenie bezopasnosti giporamina – novogo fitopreparata protivovirusnogo deistviya. Biomeditsina. 2011, 3: 106–108 [in Russ].
- Bukshtynov A.D., Trofimov T.T., Ermakov B.S. i dr. Oblepikha. M.: Izd-vo «Lesnaya promyshlennost'». 1978; 192 p. [in Russ].
- Vinokurova O.A., Slivkin A.I., Trineeva O.V. Issledovaniya elementnogo sostava travy tim'yana polzuchego razlichnykh firm-proizvoditelei. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya. 2016; 3: 101–104 [in Russ].
- Vlasov A.S., Belonogova V.D., Kuricyn A.V. Ocenka jekologicheskoi bezopasnosti lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ja nekotorykh rajonov Permskogo kraja. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014; 5: URL: www.science-education.ru/119-15027 [in Russ].
- Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii XIV izdanie. URL: <https://femb.ru/record/pharmacopea14> (data obrashcheniya: 03.02.2022) [in Russ].
- Gudkova A.A., Chistyakova A.S., Slivkin A.I., Sorokina A.A. Sravnitel'noe izuchenie mineral'nogo kompleksa travy gortsya pochechuinogo (*Polygonum persicaria* L.) i gortsya voilochnogo (*Persicaria tomentosa* (SCHRANK) E.P. BICKNELL)). Mikroelementy v meditsine = Trace elements in medicine. 2019; 1(20): 25–42 [in Russ]. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-1-35-42.

Isachkin A.V., Zubik I.N., Potapova A.V., Ermakov M.A. Korrelyatsionnyi analiz fenofaz i fenointervalov u sortov oblepikhi krushinovidnoi (*Hippophae rhamnoides* L.) v kolleksii GBS RAN im. N.V. Tsitsina. Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2019; 2: 64–69 [in Russ].

Karomatov I.D., Bukaev M.K. Oblepikha kak adaptogennoe, povyshayushchee fizicheskuyu silu lekarstvennoe rastenie. Biologiya i integrativnaya meditsina. 2018, 6(23): 37–47 [in Russ].

Kolosova O.A., Trineeva O.V. Sravnitel'naya otsenka akkumulyatsii razlichnykh elementov iz pochvy syr'em valerian somnitel'noi i volzhskoi, proizrastayushchikh na territorii Voronezhskoi oblasti. Mikroelementy v meditsine = Trace elements in medicine. 2022; 23(1): 54–66. DOI: 10.19112/2413-6174-2022-23-1-54-66 [in Russ].

Korenskaya I.M., Belyaeva A.A., Kolosova O.A., Trofimova T.G., Izmailkova I.E., Slivkin A.I. Izuchenie anatomodiagnosticheskikh priznakov i elementnogo sostava list'ev amaranta pechal'nogo, kul'tiviruemogo v Voronezhskoi oblasti. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya. 2020; 3: 37–44 [in Russ].

Korenskaya I.M., Belyaeva A.A., Chistyakova A.S., Kolosova O.A., Karlov P.M. Eksperimental'nye issledovaniya po izucheniyu mineral'nogo sostava list'ev myaty dlinnolistnoi i myaty vodnoi. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya. 2020; 1: 67–74 [in Russ].

Kukina T.P., Shcherbakov D.N., Gen'sh K.V. i dr. Bioaktivnye komponenty drevesnoi zeleni oblepikhi *Hippophae rhamnoides* L. Khimiya rastitel'nogo syr'ya. 2016; 1: 37–42. DOI: 10.14258/jcprm.2016011100 [in Russ].

Mal'tseva A.A., Korenskaya I.M., Shevtsova A.Yu., Chistyakova A.S., Slivkin A.I., Karakozova S.A. Analiz aminokislотного i elementnogo sostava list'ev maliny obyknovnoy, zagotovlennykh v Voronezhskoi oblasti. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya. 2017; 3: 100–105 [in Russ].

MVI № 002-HMS-2009. «Metodika vypolneniya izmerenij massovykh dolej 62 jelementov v pochvah, donnykh otlozheniyah, gornyykh porodakh i splavakh cvetnykh metallov metodom mass-spektrometrii s induktivno svjazannoy plazmoj» [in Russ].

Mel'nikov O.M., Vereshchagin A.L., Koshelev Yu.A. Issledovanie biologicheskii aktivnykh soedinenii pochek i list'ev muzhskikh rastenii oblepikhi krushinovidnoi. Khimiya rastitel'nogo syr'ya. 2010, 2: 113–116 [in Russ].

Mel'nikov O.M., Vereshchagin A.L., Koshelev Yu.A. Issledovanie mikroelementnogo sostava list'ev i pochek oblepikhi krushinovidnoi *Hippophae rhamnoides* L. Tovarnyi konsalting i audit potrebitel'skogo rynka. 2008: 128–132 [in Russ].

Minkina T.M., Motuzova G.V., Miroshnichenko N.N., Fateev A.I., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A. Nakoplenie i raspredelenie tjazhelykh metallov v rasteniyah zony tehnogeneza. Agrohimiya. 2013; 9: 65–75 [in Russ].

Mikheev A.M., Demenko V.I. Oblepikhi. M: Rosagropromizdat. 1990: 48 [in Russ].

Morozov V.I. Kul'tura oblepikhi krushinovidnoi (*Hippophae rhamnoides* L.) kak istochnik syr'ya dlya proizvodstva preparata «Giporamin». Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal=Pharmaceutical Chemistry Journal. 2007, 8(41): 19–21 [in Russ].

Motyleva S.M., Bogomolova N.I. Monitoring abiogennykh metallov v plodakh i list'yakh oblepikhi krushinovidnoi. Seleksiya, genetika i sortovaya agrotehnika plodovykh kul'tur: sbornik nauchnykh statei. Orel: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut seleksii plodovykh kul'tur, 2009: 131–134 [in Russ].

Murzakhmetova M.K., Utegalieva R.S., Aralbaeva A.N., Lesova Zh.T. Issledovanie antioksidantnykh i membranoprotekornykh svoystv ekstraktov oblepikhi. Actualscience. 2015; 5(1): 26–28 [in Russ].

Naumenko L.S., Popova N.V., Gladukh E.V., Bobritskaya L.A. Issledovanie mineral'nogo sostava syr'ya oblepikhi krushinovidnoi (*Hippophae rhamnoides* L.). Norwegian Journal of development of the International Science. 2020; 38: 46–49 [in Russ].

Perel'man A.I. Geohimiya landshafta. Moskva: Vysshaja shkola, 1975 [in Russ].

Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve: Gigienicheskie normativy. M.: Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2006; 15 s. [in Russ].

Rudaya M.A., Trineeva O.V., Slivkin A.I. Issledovanie elementnogo sostava plodov oblepikhi krushinovidnoi (*Hippophae rhamnoides* L.) razlichnykh sortov. Mikroelementy v meditsine. 2018; 3(19): 49–59. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-3-49-59 [in Russ].

SanPin 2.3.21078-01 «Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu i bezopasnosti prodovol'stvennogo syr'ya i pishhevyykh produktov» ot 14.11.2001/22.03.02. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://www.service-holod.ru/SanPiN2/SanPiN_2_3_2_1078_01.htm. Zagl. s jekrana [in Russ].

Skuridin G.M., O. V. Chankina, A.A. Legkodymov, V.K. Kreimer, N.V. Baginskaya, K.P. Kutsenogii Mikroelementnyi sostav tkanei oblepikhi krushinovidnoi (*Hippophae rhamnoides* L.). Izvestiya RAN. Seriya Fizicheskaya. 2013; 2(77): 229–232. DOI: 10.7868/S0367676513020348 [in Russ].

Tarasov A.V., Bukharinova M.A., Khamzina E.I. Opredelenie antioksidantnoi aktivnosti vodnykh ekstraktov nekotorykh rastenii Ural'skogo regiona. Industriya pitaniya=Food Industry. 2018; 2(3): 31–38. DOI: 10.29141/2500-1922-2018-3-2-5. [in Russ].

Trineeva O.V. [Kompleksnoe issledovanie sodержaniya i specificheskogo profilja biologicheskii aktivnykh veshchestv plodov oblepikhi krushinovidnoj]. Voronezh: Izdatel'skij dom VGU, 2016; 224 s. [in Russ].

Trineeva O.V., Slivkin A.I., Dortgulyev B. Opredelenie tyazhelykh metallov v lekarstvennom rastitel'nom syr'e i maslyanykh preparatakh na ego osnove (na primere list'ev krapivy dvudomnoi i plodov oblepikhi krushinovidnoi). Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya. 2015; 1: 152–155 [in Russ].

Chirkina T.F., Zolotareva A.M., Plastinina Z.A. Perspektivnye rastitel'nye istochniki biologicheskii aktivnykh veshchestv v baikal'skom regione. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2009; 1(12): 71–74 [in Russ].

Shchukin VM, Zhigilei ES, Erina AA, Shvetsova YUN, Kuz'mina NE, Luttseva AI. Validation of an ICP-MS method for the determination of mercury, lead, cadmium and arsenic in medicinal plants and related drug preparations. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal=Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2020; 54(9): 57–64. doi.org/0.30906/0023-1134-2020-54-9-57-64 [In Russ].

Arimboor R., Kumar K.S., Arumughan C. Simultaneous estimation of phenolic acids in Sea Buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) using RP-HPLC with DAD. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2008, 47(1): 31–38. DOI: 10.1016/j.jpba.2007.11.045.

Begaa S, Messaoudi M. Toxicological aspect of some selected medicinal plant samples collected from Djelfa, Algeria Region. *Biological trace element research*. 2019; 187(1): 301-6. doi.org/10.1007/s12011-018-1365-3.

Criste A., Urcan A.C., Bunea A., Furtuna F.R.P., Olah N.K., Madden R.H., Corcionivoschi N. Phytochemical Composition and Biological Activity of Berries and Leaves from Four Romanian Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides* L.) Varieties. *Molecules*. 2020; 25(5): 1170. doi.org/10.3390/molecules25051170.

Dharam P.A., Amrit K.S., Jyoti K., Tanveer N. Pharmacognostical Characterization & Preliminary Phytochemical Investigation of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Leaves. *Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2012; 2(2): 108–113.

Jaroszewska A., Biel W. Chemical composition and antioxidant activity of leaves of mycorrhized sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Chilean journal of agricultural research. 2017; 77(2): 155–162. doi:10.4067/S0718-58392017000200155.

Pop R.M., Weesepeol Y., Socaciu C., Pintea A., Vincken J.P., Gruppen H. Carotenoid composition of berries and leaves from six Romanian Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) varieties. *Food Chem*. 2014; 147: 1–9. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.09.083.

Saggu S., Divekar H.M., Gupta V., Sawhney R.C., Banerjee P.K., Kumar R. Adaptogenic and safety evaluation of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaf extract: a dose dependent study. *Food Chem Toxicol*. 2007; 45(4): 609–617. DOI: 10.1016/j.fct.2006.10.008.

Szakova J., Tlustoš P., Goessler W., Pokorný T., Findenig S., Balik J. The Effect of Soil Contamination Level and Plant Origin on Contents of Arsenic, Cadmium, Zinc, and Arsenic Compounds in *Mentha Aquatica* L. *Archives of Environmental Protection*. 2011; 37(2): 109–121.

Tkacz K., Wojdyłogor A., Turkiewicz P., Nowicka P. Triterpenoids, phenolic compounds, macro- and microelements in anatomical parts of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries, branches and leaves. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021; 103 (104107). doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104107.

Usha T., Middha S.K., Goyal A.K., Karthik M., Manoj D., Faizan S., Goyal P., Prashanth H., Pande V. Molecular docking studies of anti-cancerous candidates in *Hippophae rhamnoides* and *Hippophae salicifolia*. *The Journal of Biomedical Research*. 2014, 28(5): 406–415. doi: 10.7555/JBR.28.20130110.

Vijayaraghavan R., Gautam A., Kumar O., Pant S.C., Sharma M., Singh S., Kumar H.T., Singh A.K., Nivsarkar M., Kaushik M.P., Sawhney R.C., Chaurasia O.P., Prasad G.B. Protective effect of ethanolic and water extracts of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) against the toxic effects of mustard gas. *Indian Journal of Experimental Biology*. 2006; 44(10): 821–831.