

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АККУМУЛЯЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПОЧВЫ СЫРЬЕМ ВАЛЕРИАН СОМНИТЕЛЬНОЙ И ВОЛЖСКОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

О.А. Колосова, О.В. Тринеева

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,  
Университетская пл., 1, Воронеж, 394006, Россия

**РЕЗЮМЕ.** Из цикла валерианы лекарственной (*Valeriana officinalis* L. s. I.) в Воронежской области произрастают валериана волжская (*Valeriana wolgensis* Kazak.) и валериана сомнительная (*Valeriana dubia* Bunge), которые характеризуются сходными морфологическими признаками. Не только на территории РФ и стан бывшего СССР, но и в Европе очень популярны лекарственные растительные препараты с корнем валерианы для снятия легких симптомов психического стресса и для улучшения сна. В последние годы, актуальным направлением фармакогнозии является комплексное изучение лекарственных растений различных видов, позволяющие обосновать целесообразность заготовки и других органов и частей, не описанных в нормативной документации, с целью рационального природопользования ограниченными растительными ресурсами. Так, перспективным является фармакогностическое изучение надземных органов валерианы исследуемых видов, как потенциального источника биологически активных веществ. Методом масс-спектрометрии проведено исследование элементного состава корневищ с корнями, травы валерианы волжской и валерианы сомнительной, а также почв с мест произрастания. Определено содержание 6 макро- (Al, Ca, K, Mg, Na, P) и 59 микро- и ультрамикроразнообразных элементов. Данные свидетельствуют о том, что свинец, мышьяк и кадмий накапливаются в корневищах с корнями более интенсивно по сравнению с травой: в 5–7 раз, в 1,5 раза и в 3,5–4,5 раза соответственно. Ртуть более активно накапливается надземными органами – в 1,5–2,0 раза по сравнению с подземными. Суммарное содержание токсичных элементов в корневищах с корнями валерианы волжской примерно в 6,5 раза выше, чем у аналогичного вида сырья валерианы сомнительной. Содержание токсичных нормированных элементов в почве в 7–9 раз выше, чем в исследованных подземных органах, и почти в 70–90 раз. Ценность лекарственного растительного сырья напрямую зависит от его экологической безопасности. Анализ содержания токсичных элементов в исследуемых образцах показал, что их количество не превышает допустимых норм. Определены значения коэффициентов биологического поглощения элементов для сырья валериан исследуемых видов. По способности накапливать нормируемые токсичные элементы траву изучаемых видов валериан можно отнести к безопасному растительному сырью вне зависимости от района заготовки. Корневища с корнями валерианы сомнительной имеют тенденцию к активному поглощению кадмия из почвы, что свидетельствует о нецелесообразности сбора подземных органов вдоль оживленных автомагистралей и предприятий металлургии.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** корневища с корнями, трава, валериана волжская, валериана сомнительная, элементный состав, хромато-масс-спектрометрия, коэффициент биологического накопления.

## ВВЕДЕНИЕ

Из цикла валерианы лекарственной (*Valeriana officinalis* L. s. I.) в Воронежской области произрастают валериана волжская (*Valeriana wolgensis* Kazak.) и валериана сомнительная (*Valeriana dubia* Bunge), которые характеризуются сходными морфологическими признаками (Горбунов, 2002). Корневища с корнями валерианы лекарственной давно используются в медицине (Станишевская,

2015). Не только на территории Российской Федерации (РФ) и стран бывшего СССР, но и в Европе очень популярны лекарственные растительные препараты с корнем валерианы для снятия легких симптомов психического стресса и для улучшения сна (Фурса и др., 1998; Фурса и др., 2006). В последние годы, наряду с углубленным изучением официального сырья валерианы, проводятся исследования ее многочисленных

\* Адрес для переписки:

Колосова Ольга Александровна

E-mail: kolosova.o.a@yandex.ru

близкородственных видов (по разным данным от 9 до 11), образующих естественные заросли в различных регионах РФ. В то же время, актуальным направлением фармакогнозии является комплексное изучение лекарственных растений различных видов, позволяющее обосновать целесообразность заготовки других органов и частей растения, не описанных в нормативной документации, с целью рационального природопользования ограниченными растительными ресурсами. Так, перспективным является фармакогностическое изучение надземных органов валерианы исследуемых видов как потенциального источника биологически активных веществ (БАВ).

В последнее время все больший интерес уделяется не только изучению БАВ органической природы, которые содержатся в лекарственном растительном сырье (ЛРС), но и веществам минерального происхождения (Власов и др., 2014). Последние оказывают влияние на ход жизненно важных процессов в организме, принимая участие в различных биохимических реакциях. Такие элементы как Zn, Mn, Ni, Cr, Cu являются жизненно необходимыми для растений, так как входят в состав активных центров различных ферментов (Минкина и др., 2013). Микроэлементы участвуют в процессах обмена веществ, дыхания, фотосинтеза и др. (Протасова, 1998).

Оценка токсического влияния примесей различных элементов, особенно в лекарственных средствах растительного происхождения, является серьезным вызовом для фармацевтической промышленности. Известно, что 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 (Шкроботько и др., 2009). Изучение способности накопления различных химических элементов ЛРС даёт возможность судить о безопасности его использования в медицинских целях.

Изучению элементного состава корневищ с корнями валерианы лекарственной посвящен ряд работ (Шкроботько и др., 2004; Фурса и др., 2010; Колосова и др., 2018). Данное растение в фармацевтической промышленности используется для производства настойки, сухого экстракта, а также моно- и комбинированных лекарственных растительных препаратов на его основе. Помимо официального сырья (корневища с корнями), в народной медицине используют траву

валерианы, обладающую такими же, но менее выраженными фармакологическими свойствами. На сегодняшний день это сырье является отходами при заготовке подземных органов растения, что характеризуется как нерациональное использование природных ресурсов.

Широкая популярность фитотерапии определяет необходимость в повышении уровня качества ЛРС и лекарственных растительных препаратов на его основе. Заготовку сырья валерианы проводят как от культивируемых, так и от дикорастущих растений на различных, в том числе экологически неблагоприятных, территориях РФ. Следовательно, проведение сравнительных исследований по оценке способности накопления элементов, включая токсичные, в различных частях растения является актуальным.

Цель исследования – сравнительное изучение способности к аккумуляции элементов в надземных и подземных органах валериан сомнительной и волжской, произрастающих на территории Воронежской области.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования служили корневища с корнями, трава валерианы волжской (ВВ) (*Valeriana wolgensis* Kazak.) и валерианы сомнительной (ВС) (*Valeriana dudia* L.), а также почва с места произрастания. Образцы были заготовлены в Воронежской области в 2019 г на берегу реки Икорец в селе Средний Икорец Лискинского района и в окрестностях села Белогорье Подгоренского района. Сырье заготавливали согласно общепринятым правилам. Подземные органы заготавливали в конце сентября. Траву заготавливали в июне, в период массового цветения. Сушку осуществляли воздушно-теньевым способом. Определение общей золы и золы, не растворимой в кислоте хлористоводородной 10%-ной, проводили в соответствии с ОФС Государственной фармакопеи Российской Федерации, XIV изд. (ГФ РФ XIV изд.). Полученные результаты обрабатывали в соответствии с требованиями ОФС ГФ РФ XIV изд. при использовании пакета прикладных программ обеспечения «Statistica 12.0» и «Microsoft EXCEL» 2016 г.

Анализ элементного состава проводили методом хромато-масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе ELAN-DRC, для чего образцы (траву, корневища с корнями и почву с места произрастания) подвергали кислотному разложению с использованием систем

микроволновой пробоподготовки (Клюев и др., 2002). Пробоподготовка осуществлялась, как описано в 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», а также в МУК 4.1.1483-03 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавок методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой».

Для контроля правильности определения использовали метод добавок. Рабочие стандартные растворы готовили путем смешивания нескольких опорных многоэлементных стандартных растворов для масс-спектрометрии, производства Perkin-Elmer или аналогичные, содержащие разные группы элементов. Используемые референс-стандарты для анализа почв: почва

дерново-подзолистая ГСО 5360-90, ООКО-153, почва дерново-подзолистая супесчаная ГСО 2498-83-2500-83, СДПС-1, СДПС-2, СДПС-3. Для анализа проб растительного происхождения: ГСО состава травяной смеси (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

Фармакопейные показатели качества в ЛРС, которые могут быть индикаторами техногенного загрязнения сырья, – содержание золы общей и золы, не растворимой в 10%-ной HCl, минеральной примеси (Клемпер, 2013). Содержание золы (табл. 1), характеризующей общую сумму минеральных компонентов, соответствует требованиям ФС.2.5.0009.15 «Валерианы лекарственной корневища с корнями» (ГФ РФ XIV изд.). Однако большие значения получены для корневищ с корнями валерианы волжской, что согласуется с данными элементного состава (табл. 2).

Таблица 1. Числовые значения показателей зольности корневищ с корнями валерианы волжской и валерианы сомнительной

Показатель	Содержание, %		Требования ГФ РФ XIV (ФС.2.5.0009.15)
	Валериана волжская	Валериана сомнительная	
Общая зола	5,81±0,21	4,38±0,20	Не более 14%
Зола, не растворимая в 10%-ной HCL	2,87±0,14	1,97±0,12	Не более 10%

Таблица 2. Элементный состав изучаемого ЛРС и почвы с места произрастания (n=3; p=95%)

№ п/п	Элемент	Содержание, мкг/г					
		Трава ВВ	Трава ВС	Корневища с корнями ВВ	Корневища с корнями ВС	Почва (с. Средний Икорец)	Почва (с. Белогорье)
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Макроэлементы							
1	Кальций (Ca)	19406±1746	25337±2280	5416±480	9067±816	5150±463	10240±921
2	Калий (K)	22414±2017	13401±1072	16043±1283	12306±984	9400±752	3300±264
3	Фосфор (P)	4593±321	5556±388	3541±247	4251±255	570±23	250±13
4	Натрий (Na)	693±49	670±54	2827±254	3198±192	1850±93	780±31
5	Магний (Mg)	5378±269	6976±349	1778±89	1803±90	2500±125	900±36
6	Алюминий (Al)	179±9	195±10	724±29	922±55	22500±900	9400±564
2. Микро- и ультрамикроэлементы							
1	Бор (B)	57±5,13	50,8±4,064	18,0±1,602	237±21,33	-	-
2	Бериллий (Be)	0,03±0,0027*	0,03±0,0027*	0,053±0,00318	0,06±0,0047	0,5±0,030	0,3±0,027*
3	Литий (Li)	1,3±0,117*	1,6±0,144	1,13±0,0904	1,3±0,117*	15±0,720	7,0±0,315
4	Скандий (Sc)	0,05±0,0039	0,06±0,0054	0,05±0,002	0,06±0,0035	60±4,980	43±1,247
5	Титан (Ti)	4,28±0,3852	4,9±0,3871	12,6±1,096	15,5±1,395	2000±80,00	1100±74,80
6	Ванадий (V)	0,54±0,0481	0,49±0,042	3,39±0,1356	3,99±0,2793	-	-

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Хром (Cr)	3,36±0,299	3,67±0,3193	4,74±0,1849	5,44±0,3808	170±12,92	530±13,78
8	Марганец (Mn)	105±9,450	105±9,56	194±15,132	241±9,640	660±33,66	410±28,70
9	Железо (Fe)	375±33,75	347±6,94	1447±86,82	2202±66,06	36600±1793	27200±680
10	Кобальт (Co)	0,42±0,0374	0,48±0,042	0,96±0,0672	1,1±0,067	9,0±0,351	5,0±0,130
11	Никель (Ni)	1,57±0,1397	1,33±0,1064	3,14±0,0628	3,52±0,1619	9,8±0,461	4,8±0,4128
12	Медь (Cu)	13,7±1,219	12,9±0,6966	15,9±1,113	17,6±0,704	35±1,680	26±1,846
13	Цинк (Zn)	48,1±4,281	42,2±2,532	37,6±3,271	45,8±3,206	71±5,822	22±0,836*
14	Галлий (Ga)	0,12±0,0108	0,12±0,0084*	0,26±0,0208	0,34±0,0190	5,0±0,340	3,0±0,231
15	Германий (Ge)	0,0001±0,000009*	0,0001±0,000009*	0,0035±0,00032	0,005±0,00048	1,0±0,075*	1,0±0,075*
16	Селен (Se)	0,0005±0,000041	0,0004±0,00003	0,23±0,0207	0,29±0,0133	6,0±0,516*	4,0±0,356
17	Бром (Br)	9,06±0,8154	8,0±0,496	3,86±0,2702	4,83±0,1884	–	–
18	Рубидий (Rb)	34,8±3,097	37,8±1,5876	17,4±0,801	21,4±1,070	43±2,494	16±0,608
19	Стронций (Sr)	94±8,366	88,5±3,540	54±3,186	65,7±4,008	48±2,544	21±0,834*
20	Итрий (Y)	0,15±0,01185	0,12±0,0084*	0,57±0,0456	0,65±0,0325	6,0±0,516*	3,0±0,222
21	Цирконий (Zr)	0,24±0,01896	0,27±0,0035	1,07±0,0524	1,19±0,0583	104±7,072	49±1,911
22	Ниобий (Nb)	0,012±0,0011	0,01±0,0006*	0,062±0,0045	0,08±0,0072	4,7±0,2961	2,3±0,2162
23	Молибден (Mo)	0,37±0,0366	0,29±0,0246	0,35±0,0312	0,39±0,033	2,9±0,261	2,6±0,234
24	Серебро (Ag)	0,011±0,0006*	0,01±0,0006*	0,0084±0,00073	0,009±0,0007	2,6±0,2496	0,9±0,089
25	Торий (Th)	0,053±0,0047	0,04±0,0038	0,19±0,016	0,24±0,0022	3,9±0,298	1,7±0,1956
26	Индий (In)	0,00056±0,00005	0	0,0016±0,00015	0,002±0,00017	0,1±0,006*	0,1±0,006*
27	Олово (Sn)	0,033±0,0026*	0,03±0,0027*	0,11±0,0006*	0,13±0,0117	3,4±0,306	2,4±0,216
28	Сурьма (Sb)	0,033±0,0026*	0,03±0,0027*	0,024±0,0011*	0,031±0,0024	0,8±0,073	0,5±0,049
29	Теллур (Te)	0,001±0,00009	0,0007±0,00006	0,072±0,0064	0,08±0,0072	0,5±0,048	0,4±0,039
30	Йод (I)	0,18±0,0162	0,16±0,0144	0,35±0,0315	0,46±0,032	–	–
31	Цезий (Cs)	0,041±0,0035	0,03±0,0027	0,063±0,0059	0,08±0,0079	1,4±0,116	0,5±0,049
32	Барий (Ba)	37±3,663	44,9±4,445	69,7±6,90	76,9±6,69	240±23,76	120±11,52
33	Гафний (Hf)	0,0026±0,00021	0,002±0,00021	0,02±0,0011*	0,024±0,0022	1,39±0,1376	0,61±0,0604
34	Тантал (Ta)	0,0006±0,000054	0,00072±0,000065	0,0042±0,00038	0,005±0,000465	0,4±0,035	0,2±0,018
35	Вольфрам (W)	0,017±0,0011*	0,02±0,0011*	0,18±0,0011*	0,215±0,0194	1,64±0,1312	0,77±0,0616
36	Рений (Re)	0,00095±0,000086	0,00078±0,00007	0,0001±0,000009	0,0001±0,000009	0,02±0,0018	0,01±0,0006*
37	Платина (Pt)	0,01±0,0006*	0,01±0,0006*	0,01±0,0006*	0,012±0,0007*	0,13±0,0006*	0,10±0,0006*
38	Золото (Au)	0,01±0,0006*	0,01±0,0006*	0,01±0,0006*	0,011±0,0006*	0,06±0,0048	0,04±0,0036
39	Уран (U)	0,032±0,0026	0,03±0,0021	0,14±0,0112	0,18±0,0162	0,8±0,072	0,7±0,061
40	Таллий (Tl)	0,0085±0,00077	0,01±0,0006*	0,078±0,0068	0,09±0,0006*	0,25±0,0125	0,10±0,0006*
41	Висмут (Bi)	0,0087±0,00044	0,01±0,0006*	0,011±0,0005*	0,013±0,0007*	0,10±0,0006*	0,05±0,0045
2.1. Лантаноиды							
2.1.1. Легкие лантаноиды							
42	Лантан (La)	0,19±0,0095	0,15±0,0075	0,75±0,0375	0,87±0,0435	9,0±0,45	4,0±0,20
43	Церий (Ce)	0,4±0,020	0,32±0,016	1,72±0,086	2,0±0,11	26,0±1,31*	12,0±0,63
44	Празеодим (Pr)	0,046±0,0018	0,04±0,0015	0,2±0,008	0,23±0,013	2,8±0,145	1,2±0,06
45	Неодим (Nd)	0,2±0,010*	0,22±0,009	0,75±0,031	0,9±0,459	11,6±0,498	5,0±0,26
46	Самарий (Sm)	0,04±0,0019	0,04±0,0019*	0,15±0,0065	0,19±0,0076*	2,6±0,131	0,9±0,046
47	Европий (Eu)	0,095±0,0038	0,01±0,0005	0,03±0,0011	0,038±0,0015	0,5±0,024	0,2±0,013
2.1.2. Тяжелые лантаноиды							
48	Гольмий (Ho)	0,0061±0,00037	0,01±0,0006*	0,022±0,0009	0,026±0,0012	0,2±0,0053	0,1±0,005*

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
49	Эрбий (Er)	0,014±0,0007	0,02±0,0011*	0,051±0,0026	0,063±0,0037	1,09±0,075*	0,51±0,026
50	Тулий (Tm)	0,0015±0,00012	0,0012±0,0001	0,0069±0,0006	0,008±0,00047	0,17±0,0011*	0,07±0,0028
51	Иттербий (Yb)	0,01±0,0006*	0,01±0,0006*	0,039±0,0035	0,046±0,0023	0,69±0,0386	0,32±0,0157
52	Лютеций (Lu)	0,0016±0,00007	0,0012±0,0006	0,0065±0,0005	0,008±0,00039	0,11±0,0006*	0,06±0,0029
53	Тербий (Tb)	0,0056±0,0003	0	0,023±0,0012	0,027±0,0011*	0,2±0,0092	0,1±0,006*
54	Диспрозий (Dy)	0,028±0,0022	0,02±0,0011*	0,11±0,0006*	0,132±0,009	1,3±0,078	0,5±0,045
55	Гадолиний (Gd)	0,044±0,015	0,04±0,0036	0,17±0,0153	0,198±0,011	1,6±0,081	0,7±0,0623
2.2. Нормируемые токсичные элементы							
56	Ртуть (Hg)	0,004±0,00016	0,003±0,00012	0,0018±0,00007	0,002±0,00008	0,3±0,012	0,22±0,0088
57	Свинец (Pb)	0,47±0,0188	0,37±0,0148	2,49±0,099	2,9±0,116	27,0±1,08	8,0±0,32
58	Кадмий (Cd)	0,039±0,0016	0,04±0,0017	0,15±0,006	0,18±0,0072	0,2±0,0079	0,1±0,0042
59	Мышьяк (As)	0,28±0,0112	0,25±0,010	0,45±0,018	0,39±0,0156	9,0±0,36	8,0±0,32

Примечание: «←» – не определялось; \* –  $p < 0,05$ .

Результаты определения элементного состава исследуемых образцов сырья, а также почвы с места их произрастания приведены в табл. 3.

При анализе особенностей накопления элементов органами исследуемых растений обнаружено, что содержание кальция и магния значительно выше в траве, чем в подземных органах анализируемых валериан, что, естественно, обусловлено присутствием магния в составе хлорофилла – главного зеленого пигмента надземных органов растений. Тогда как содержание алюминия и натрия значительно выше в корневищах с корнями, чем в траве анализируемых образцов. Распределение комплекса макро-, микро-, ультрамикро- и токсичных элементов в образцах сырья валериан изучаемых видов приведено на рис. 1.

Кроме эссенциальных элементов, растения могут концентрировать и токсичные, поэтому при изучении элементного состава ЛРС необходимо давать оценку его экологической безопасности (Тарасевич и др., 2015). В настоящее время при оценке загрязнения ЛРС тяжелыми металлами в качестве ориентировочных критериев экологической чистоты, используют допустимые уровни, установленные в ОФС «Определение тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах» ГФ РФ XIV изд., а также принятые для биологически активных добавок на растительной основе, приведенные в СанПиН (СанПин 2.3.21078-01).

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что содержание токсичных элементов во всех исследуемых образцах соответствует требованиям экологической безопасности (ГФ РФ XIV изд.).

По данным табл. 3 можно сделать вывод о том, что исследуемые близкородственные виды содержат примерно одинаковые количества токсичных элементов в подземных и надземных органах. При этом свинец, мышьяк и кадмий более интенсивно накапливаются в корневищах с корнями по сравнению с травой: в 5–7 раз, в 1,5 раза и в 3,5–4,5 раза соответственно.

Установлено, что ртуть активнее аккумулируется надземными органами – в 1,5–2,0 раза по сравнению с подземными органами. Полученные данные (табл. 3), однако, показали, что изучаемое сырье имеет тенденцию к накоплению мышьяка, не превышая допустимых норм, что, в целом, характерно для подземных органов многолетних растений. Полученные нами результаты согласуются с литературными данными.

Гравель И.В. с соавторами установлено, что корневища с корнями валерианы лекарственной по сравнению с собранными рядом листьями мать-и-мачехи содержат большие концентрации As в 9,2 раза, Ni – в 3,7 раза, Fe – в 3,2 раза. При этом, изучение процессов перехода As в системе «ЛРС- водное извлечение» показало, что средние значения перехода составили 19 – 67% (Клемпер, 2013). Следовательно, лекарственные растительные препараты на основе данного ЛРС будут являться безопасными. Польские ученые подтвердили также безопасность применения растительных препаратов с корнем валерианы лекарственной, доступных в польских аптеках, на основе анализа содержания Pb, Cd Cu, Mn и Zn методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии (Jurowski et al., 2021).

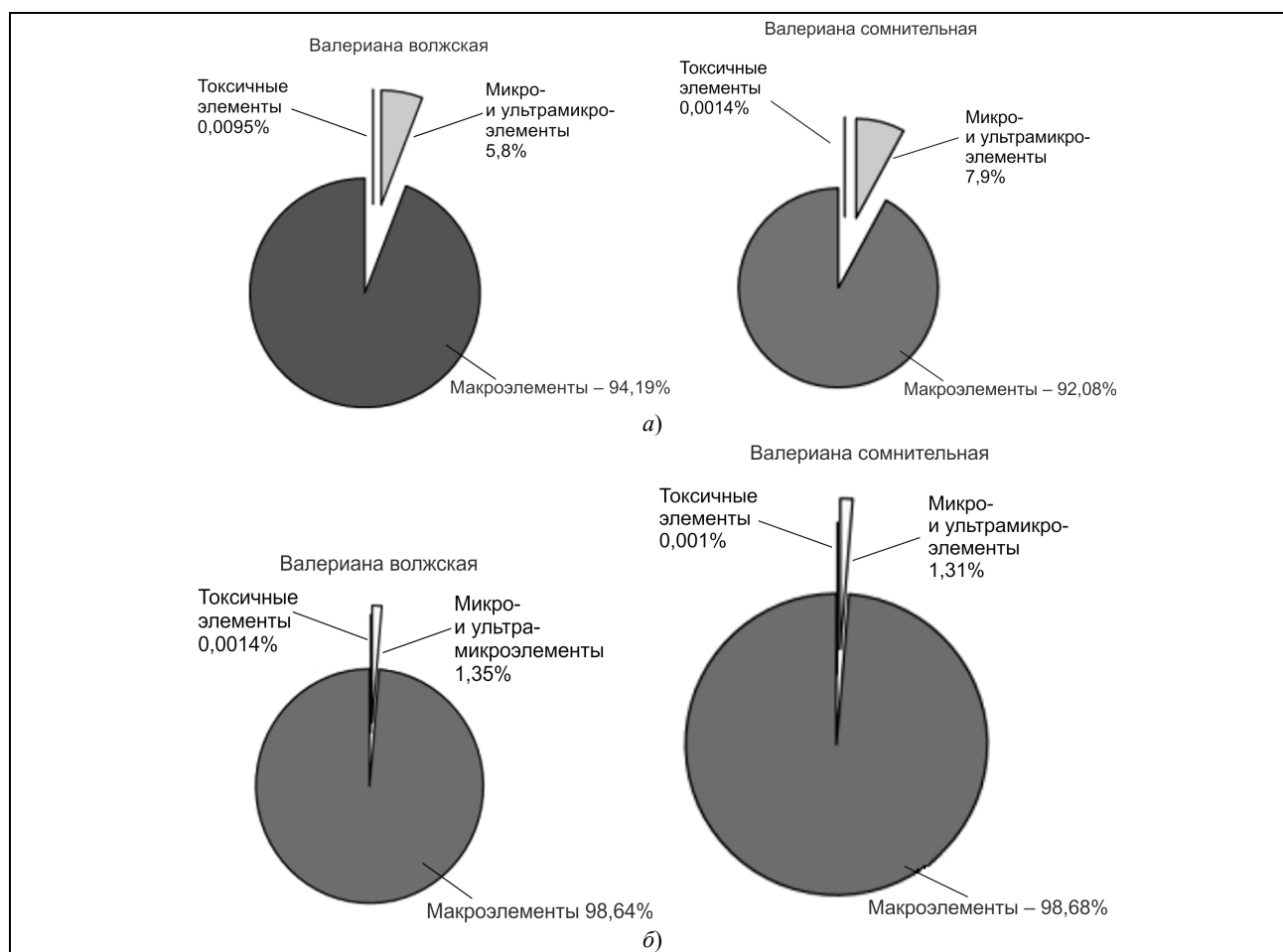


Рис. 1. Содержание элементов в корневищах с корнями (а) и траве (б) исследуемых видов валериан

Таблица 3. Содержание токсичных элементов в исследуемых образцах ЛРС, мг/кг

Объект исследования	Нормируемые токсичные элементы			
	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть
Трава ВВ	0,47	0,28	0,039	0,004
Трава ВС	0,37	0,25	0,04	0,003
Корневища с корнями ВВ	2,49	0,45	0,15	0,0018
Корневища с корнями ВС	2,9	0,39	0,18	0,002
Почва с. Средний Икорец	27,0	9,0	0,2	0,3
Почва с. Белогорье	8,0	8,0	0,1	0,22
ПДК для сырья, мг/кг	6,0	0,5	1,0	0,1

Из данных рис. 1 видно, что массовая доля макро-, микро- и ультрамикро-, а также токсичных элементов в траве валериан исследуемых видов практически одинакова (рис. 1,б), чего нельзя сказать о подземных органах (рис. 1,а). Так, суммарное содержание токсичных элементов в корневищах с корнями валерианы волжской примерно в 6,5 раза превышает таковое для аналогичного вида сырья валерианы сомнительной. Поэтому проведе-

но определение золы общей и золы, не растворимой в кислоте хлористоводородной, (табл. 1) на примере корневищ с корнями, так как существует прямая взаимосвязь между показателями зольности растительного сырья и накоплением различных элементов растением, главным образом, тяжелых металлов в виду того, что хлориды тяжелых металлов (ртуть (II), свинец, серебро, медь и др.) мало или практически нерастворимы в воде.

Таблица 4. Содержание лантаноидов в почвах Европейской части РФ и среднемировые значения, мг/кг (Kofelnikova et al., 2021)

Лантаноид	Почвы			
	Московская обл.	Вологодская обл.	Кировская обл.	Среднее содержание в почвах
La (Lanthanum)	4,1–12,5	22,86	9,4	29,5–40,0
Ce (Cerium)	9,9–28,5	44,38	24,2	29,5–50,0
Pr (Praseodymium)	0,9–2,6	5,23	2,3	3,0–7,7
Nd (Neodymium)	19,6–55,4	20,05	9,0	27,9–35,0
Sm (Samarium)	4,1–11,5	3,74	1,6	4,5–6,1
Eu (Europium)	0,3–0,74	0,66	0,37	1,0–1,9
Gd (Gadolinium)	3,4–9,4	3,13	2,6	3,0–4,7
Tb (Terbium)	0,09–0,22	0,42	0,21	0,63–0,7
Dy (Dysprosium)	2,1–5,4	2,24	1,4	3,8–5,0
Ho (Holmium)	0,1–0,25	0,44	0,23	0,38–1,1
Er (Erbium)	0,92–2,25	1,24	0,88	2–2,8
Tm (Thulium)	0,05–0,1	0,19	0,17	0,16–0,6
Yb (Ytterbium)	1,5–3,3	1,15	1,1	2,3–3,1
Lu (Lutetium)	0,06–0,11	0,22	0,16	0,3–0,4

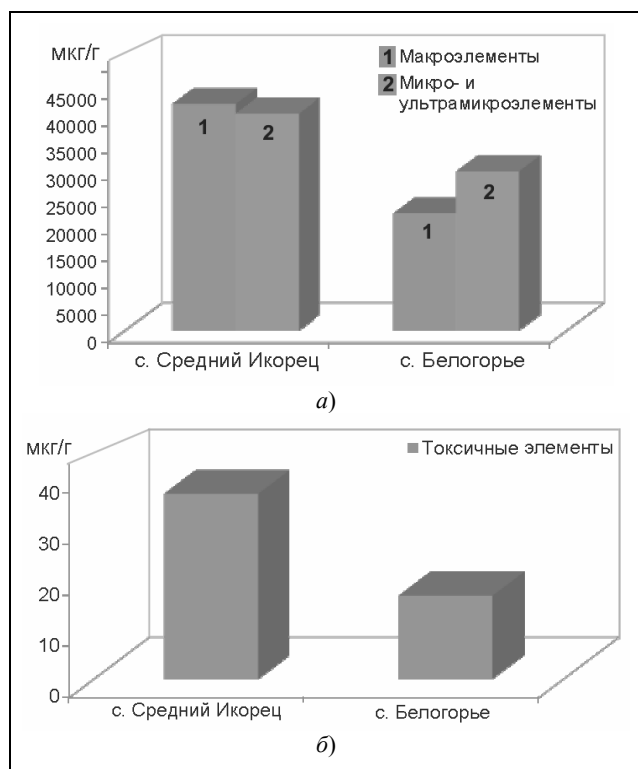


Рис. 2. Распределение элементов в исследуемых образцах почв

При анализе почв установлено (табл. 3), что образцы, отобранные в районе с. Средний Игорец Воронежской области содержат гораздо большее количество всех определяемых элементов, в том числе и токсичных (рис. 2).

Содержание в почве токсичных нормируемых для ЛРС элементов в 7–9 раз больше, чем в исследуемых подземных органах, и практически в 70–90 раз, чем в траве растений, что свидетельствует об их неравномерном распределении. Данный факт может объясняться не только особенностями накопления в различных морфологических частях, но и длительностью периода вегетации органов (подземные органы многолетних растений). Полученные данные также свидетельствуют о ничтожно малом концентрировании токсичных элементов травой растений в процессе вегетационного периода.

Растения, в зависимости от их физиологических потребностей, избирательно поглощают элементы, необходимые им, поэтому состав элементов в ЛРС во многом определяется качеством почв, на которых они произрастают. Установлено авторами влияние pH почвы на усвоение меди, цинка и марганца сырьем валерианы лекарственной методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Предварительные исследования показали, что защелачивание почв стимулировало поглощение меди и марганца, и в то же время приводило к снижению содержания цинка (Adamczyk-Szabela et al., 2015).

В последние годы установлено активное действие лантаноидов на растения (Водяницкий и др., 2016), некоторые из которых накапливают значительное их количество. К лантаноидам (Ln) относятся 14 элементов: легкие: La, Ce, Pr, Nd,

Sm, Eu и тяжелые: Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu. Во многих растениях уменьшение накопления лантаноидов идет в таком порядке: корни > листья > стебли > зерно/плоды. Долгие годы лантаноиды рассматривали как биологически инертные элементы для живых организмов. Научной информации о влиянии лантаноидов на биохимические процессы в клетках много, но она часто противоречива. С одной стороны, выявлено положительное действие низких доз лантаноидов на развитие ряда растений, поэтому их широко стали применять в азиатских странах в качестве микроэлементов удобрений. Кроме того, хлорофилл с лантаном и церием вместо магния способен частично или полностью заменить нормальный хлорофилл, увеличивая активность процессов фотосинтеза. В тоже время многими авторами установлен цитотоксический эффект при внесении высоких доз лантаноидов. Растения могут сорбировать такие элементы через поверхность своих листьев при опрыскивании; од-

нако основной путь их поступления – через корни. Лантаноиды абсорбируются к ксилеме через тонкие клеточные стенки корневых волосков и затем транспортируются в другие части. Предположительно, лантаноиды не так токсичны, как другие тяжелые металлы, такие как Cd или As, но могут быть хронически токсичными для людей и вызывать долгосрочные побочные эффекты. Это говорит о необходимости разработки стандартов по их содержанию в окружающей среде, пищевых продуктах и лекарственных растительных препаратах, которые пока отсутствуют. В целом исследования токсичности лантаноидов демонстрируют, что приемлемые суточные дозы для человека составляют 0,1–1,2 мг/кг (оксиды) (Kotelnikova et al., 2021).

Данные по содержанию лантаноидов в изучаемом сырье и почвах представлены в табл. 4. Сводные литературные данные по содержанию в почвах Европейской части РФ и среднемировые значения приведены в табл. 5.

Таблица 5. Коэффициенты биологического поглощения (Кбп) элементов корневищ с корнями и травы исследуемых видов валериан

№ п/п	Элемент	Корневища с корнями ВВ	Трава ВВ	Корневища с корнями ВС	Трава ВС
1	2	3	4	5	6
<i>Элементы энергичного накопления (ЭЭН)</i>					
1	Фосфор	–	–	17,00	22,22
<i>Элементы сильного накопления (ЭСН)</i>					
1	Калий	1,70	2,38	3,72	4,06
2	Фосфор	6,21	8,05	–	–
3	Натрий	1,52	–	4,1	0,85
4	Магний	–	2,15	2,0	7,75
5	Цинк	–	–	2,08	1,91
6	Кадмий	–	–	1,8	–
<i>Элементы слабого накопления и среднего захвата (ЭСНСЗ)</i>					
1	Бериллий	0,1	–	0,2	0,1
2	Натрий	–	0,37	–	0,85
3	Магний	0,7	–	–	–
4	Марганец	0,29	0,15	0,58	0,25
5	Кобальт	0,1	–	0,22	–
6	Никель	0,32	0,16	0,73	0,27
7	Медь	0,45	0,39	0,67	0,49
8	Цинк	0,52	0,67	–	–
9	Рубидий	0,4	0,8	–	–
10	Молибден	0,12	0,12	0,15	0,11
11	Мышьяк	0,1	–	0,15	–



Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6
12	Кадмий	0,75	0,19	–	0,4
13	Барий	0,29	0,15	0,64	0,37
14	Вольфрам	0,1	–	0,27	–
15	Платина	–	–	0,12	0,1
16	Золото	0,16	0,16	0,27	0,25
17	Висмут	0,11	–	0,26	0,2
18	Лантан	0,19	–	0,22	–
19	Церий	0,14	–	0,17	–
20	Празеодим	0,17	–	0,19	–
21	Неодим	0,15	–	0,18	–
22	Самарий	0,18	–	0,21	–
23	Европий	0,15	0,48	0,19	–
24	Гольмий	0,22	–	0,26	0,10
25	Эрбий	0,10	–	0,12	–
26	Тулий	–	–	0,11	–
27	Иттербий	0,12	–	0,14	–
28	Лютеций	0,11	–	0,13	–
29	Тербий	0,23	–	0,27	–
30	Диспрозий	0,22	–	0,26	–
31	Гадолиний	0,24	–	0,28	–

Установлено, что в подземных органах по сравнению с травой изучаемых видов в 4–5 раз больше содержание таких легких лантаноидов, как La, Ce и Nb и тяжелых – Er, Tm, Yb, Lu, Gd; на порядок больше для Pr, Tb и Dy. Распределение Eu в траве и корневищах с корнями примерно одинаково. Корневища с корнями валерианы сомнительной имеют большую тенденцию к накоплению легких лантаноидов, в то время как для валерианы волжской значительно концентрируются тяжелые лантаноиды. Для надземных и подземных органов валерианы сомнительной прослеживается примерно одинаковое распределение тяжелых лантаноидов.

Показателем, отражающим накопление химических элементов растениями, является коэффициент биологического поглощения (Кбп), представляющий собой отношение содержания элемента в растении к таковому в почве (Перельман, 1975). Значения Кбп, рассчитанные для изучаемых объектов, систематизированы в соответствии с классификацией Перельмана и представлены в табл. 5. А.И. Перельман относил элементы, накапливающиеся в количестве  $n \cdot 10^1 \dots n \cdot 10^2$ , к энергично накапливаемым,  $n \cdot 10^0 \dots n \cdot 10^1$  – к сильно накапливаемым,

$n \cdot 10^{-1} \dots n \cdot 10^0$  – к группе слабого накопления и среднего захвата,  $n \cdot 10^{-1}$  – к группе слабого захвата,  $n \cdot 10^{-1} \dots n \cdot 10^{-2}$  – к группе слабого накопления и очень слабого захвата.

Следует отметить, что элементы, не представленные в табл. 5 относились к последним двум группам по классификации, и не учитывались, как неспособные накапливаться изучаемыми растениями (это относилось, например, к ртути и свинцу во всех морфологических группах изучаемого сырья, а также к мышьяку в траве и валерианы волжской, и валерианы сомнительной).

Полученные данные свидетельствуют о безопасности применения травы валериан исследуемых видов, так как по значениям Кбп, токсичные элементы не относятся к элементам энергичного накопления (ЭЭН) или элементам сильного накопления (ЭСН). Из токсичных нормируемых тяжелых металлов в корневищах с корнями только валерианы сомнительной может накапливаться кадмий, относясь к ЭСН. В траве двух видов валериан, а также в подземных органах валерианы волжской данный элемент относится к группе слабого накопления и среднего захвата (ЭСНСЗ). Мышьяк для подземных органов характеризовался, как элемент ЭСНСЗ. Лантаноиды

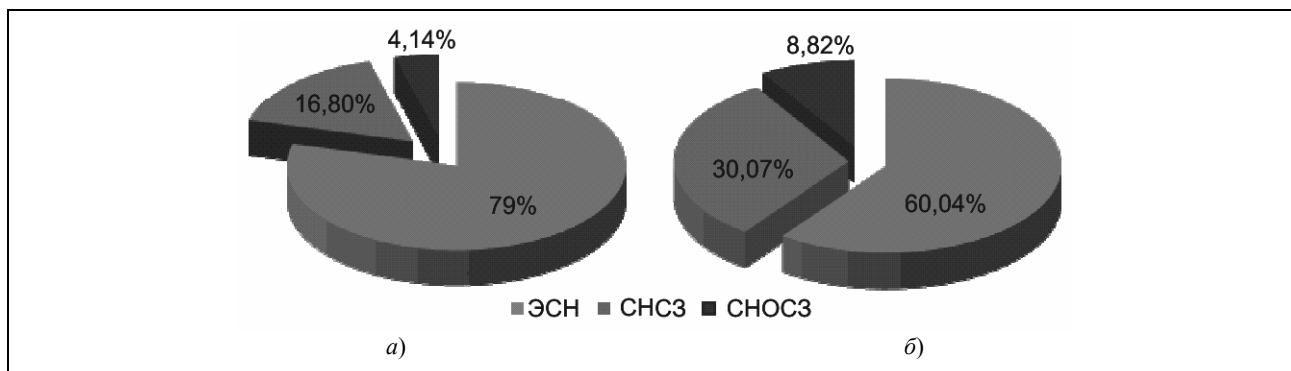
ды травой практически не накапливаются – ЭСНСЗ. Для подземных органов большинство лантаноидов следует отнести к группе ЭСНСЗ.

Таким образом, по способности накапливать нормируемые токсичные элементы траву изучаемых видов валериан можно отнести к безопасному растительному сырью вне зависимости от района заготовки. Корневища с корнями валерианы сомнительной имеют тенденцию к активному поглощению кадмия из почвы, что свидетельствует о нецелесообразности сбора подземных органов вдоль оживленных автомагистралей, а также предприятий металлургии.

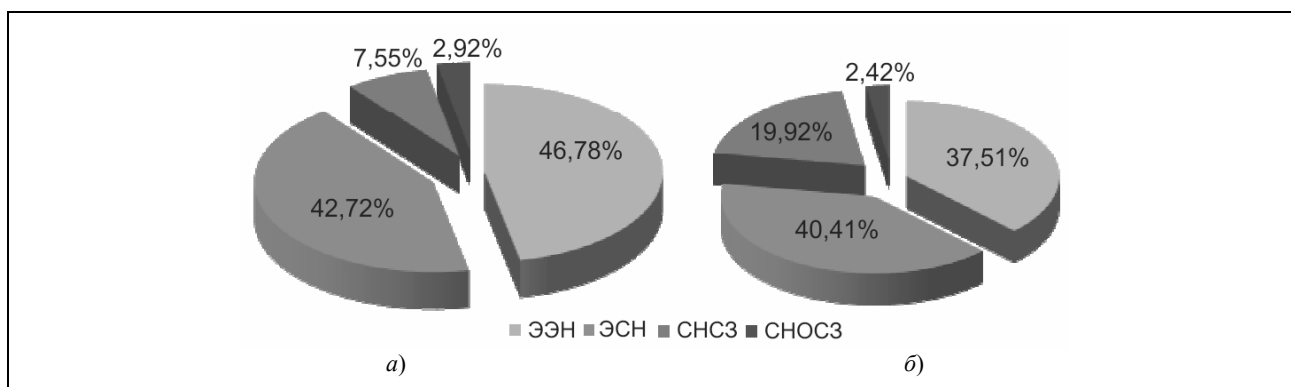
Однако в литературе имеются сведения о том, что у населения США, в отличие от жителей

Африки и Азии, при дефиците Cd и Cr в тканях организма повышается процент заболеваемости атеросклерозом и инфарктом миокарда (Глухов и др., 2003).

Распределение элементов в изучаемом сырье по классификации А.И. Перельмана представлено на рис. 2 и 3. Энергично накапливаемые элементы (ЭНЭ) в сырье валерианы сомнительной представлены только фосфором. К сильно накапливаемым элементам относятся, в основном, только макроэлементы. Абсолютное большинство микро- и ультрамикроэлементов относятся к группе слабого накопления и среднего захвата (СНСЗ) или слабого накопления и очень слабого захвата (СНОСЗ).



**Рис. 2.** Доля элементов сильного накопления (ЭСН), слабого накопления и среднего захвата (СНСЗ), слабого накопления и очень слабого захвата (СНОСЗ) в сырье валерианы волжской: а – трава; б – корневища с корнями



**Рис. 3.** Доля элементов энергичного накопления (ЭЭН), сильного накопления (ЭСН), слабого накопления и среднего захвата (СНСЗ), слабого накопления и очень слабого захвата (СНОСЗ) в сырье валерианы сомнительной: а – трава; б – корневища с корнями

Данные литературы свидетельствуют, что для растения валерианы лекарственной такие элементы, как Ca, Fe, Zn, Cu, Sr, Rb, Br, Se, Bi, Pb, As, Hg, Ni, Co, Cr, V, La, Ti, Ba, Sc, Cs, Mo, Nb, Zr, задерживаются в первой ступени барьера «почва – корни», а для Mn, Sb, Sn, Cd, Ag – во второй –

«корни – надземная часть растения». Ученые показали, что образцы сырья, заготовленные на территории Донецкого ботанического сада, расположенного в непосредственной близости от оживленной автомобильной магистрали, а также в зоне действия выбросов металлургического и коксо-

химического заводов г. Макеевки, превышают санитарно-допустимые нормы (ПДК) в надземной и подземной частях по содержанию Fe (в 5,3 и 18,6 раза соответственно), Cd (в 4,0; 5,5), Cr (в 1,2; 1,6), Zn (в 1,2; 1,5) и только в подземной – по Pb (в 1,1 раза). По данным авторов, несмотря на явные морфологические различия между клубненосными, корневищными и стержнекорневыми валерианами, специфических особенностей в наборе элементов между ними не выявлено (Шкработько и др., 2008). Следовательно, полученные нами данные могут быть использованы для составления общей рекомендации по сбору сырья всех близкородственных видов валерианы, относящихся к сборному циклу *V. officinalis*, разрешенных к применению в РФ для производства лекарственных растительных препаратов. Поэтому сбор ЛРС этого вида растения рекомендуется осуществлять вдали от промышленных предприятий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом масс-спектрометрии проведено исследование элементного состава корневищ с корнями, травы валерианы волжской и валерианы сомнительной, а также почв с мест произрастания. Определено содержание 6 макро- (Al, Ca, K, Mg, Na, P) и 59 микро- и ультрамикроразноэлементов.

## ЛИТЕРАТУРА

- 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](http://www.science-education.ru/119-15027) (дата обращения: 19.02.2021).
- Водяницкий Ю.Н., Рогова О.Б. Биогеохимия лантанидов в почвах. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2016; 84: 101–118. DOI: 10.19047/0136-1694-2016-84-101-118.
- Глухов А.З., Остапко И.Н., Купенко Н.П. Элементный состав *VALERIANA OFFICINALIS* L. Промышленная ботаника. 2003; 3: 83–86.
- Горбунов Ю.Н. Валерианы флоры России и сопредельных государств. М.: Наука, 2002. 208 с.
- Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. Режим доступа: <http://www.femb.ru/femb/pharmacopea.php>.
- Клемпер А.В. Изучение содержания неорганических экотоксикантов в некоторых видах лекарственного растительного сырья северо-запада Российской Федерации: Автореф. дисс. ... канд. фарм. н. СПб. 2013; 24 с.
- Клюев, Н.А., Бродский Е.С. Современные методы масс-спектрометрического анализа органических соединений. Российский химический журнал. 2002; 4(66): 57–63.
- Колосова О.А., Гапонов С.П., Коренская И.М. Изучение элементного состава корневищ с корнями и травы валерианы волжской и валерианы сомнительной, произрастающих в Воронежской области. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018; 3: 211–217.
- 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. Агробиохимия. 2013; 9: 65–75.
- Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. 392 с.
- Протасова Н.А. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных. Соросовский образовательный журнал. 1998; 12: 32–37.
- 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](http://www.service-holod.ru/SanPiN2/SanPiN_2_3_2_1078_01.htm). – Загл. с экрана.

Исследование элементного состава открывает предпосылки для более широкого использования валерианы в профилактике и лечении различных заболеваний. Учитывая роль элементов в жизненно важных процессах, обоснована возможность использования официального сырья и травы валерианы волжской и сомнительной в качестве источника эссенциальных элементов, так как основное преимущество комплекса микроэлементов ЛРС перед другими источниками – гармоничное сочетание и полная усвояемость микроэлементов организмом человека.

Однако ценность ЛРС напрямую зависит от его экологической безопасности. Анализ содержания токсичных элементов в исследуемых образцах показал, что их количество не превышает допустимых норм. Определены значения коэффициентов биологического поглощения элементов для сырья валериан исследуемых видов. По способности накапливать нормируемые токсичные элементы траву изучаемых видов валериан можно отнести к безопасному растительному сырью вне зависимости от района заготовки. Корневища с корнями валерианы сомнительной имеют тенденцию к активному поглощению кадмия из почвы, что свидетельствует о нецелесообразности сбора подземных органов вдоль оживленных автомагистралей и предприятий металлургии.

Станишевская И.Е., Марахова А.И., Грязнов М.Ю., Хазиева Ф.М. Контроль качества лекарственного сырья и фитопрепаратов валерианы лекарственной (*Valeriana officinalis* L.). Разработка и регистрация лекарственных средств. 2015; 1(10): 122–127.

Тарасевич А.Г., Лапа В.В., Милоста Г.М. Химический состав валерианы лекарственной и вынос элементов минерального питания продукцией. Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2015; 2: 64–69.

Фурса Н.С., Зотов А.А., Дмитрук С.Е. Валериана в фитотерапии. Томск: Изд-во НТЛ, 1998; 212 с.

Фурса Н.С., Каракин А.А., Соленникова С.Н. Валериана и болезни сердечно-сосудистой системы. Ярославль: Траст, 2006; 564 с.

Фурса Н.С., Круглов Д.С., Шкроботько П.Ю., Агафонов В.А., Колосова О.А., Караванова Е.Н., Барышев В.А. Изучение элементного состава корневищ с корнями культивируемой в Воронежской области валерианы в сравнении с образцами сырья из других мест выращивания. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2010; 2: 158–163.

Шкроботько П.Ю. Изучение элементного состава различных органов клубненосных валериан. Запорожский медицинский журнал. 2008; 5(50): 142–144.

Шкроботько П.Ю., Соленников И.Н., Соленникова С.Н., Лобашов А.В. Макро- и микроэлементы официального сырья валерианы и особенности их биологического действия. Запорожский медицинский журнал. 2009; 6(11): 144–148.

Шкроботько П.Ю., Парфенов А.А., Демянчук Т.А. Макро- и микроэлементы европейских и азиатских образцов валерианы. Естествознание и гуманизм: Сборник научных работ. Томск: СГМУ, 2004: 72–75.

Adameczyk-Szabela D., Markiewicz J., Wolf W.M. Heavy Metal Uptake by Herbs. IV. Influence of Soil pH on the Content of Heavy Metals in *Valeriana officinalis* L. Water Air Soil Pollut. 2015; 226: 106. DOI: 10.1007/s11270-015-2360-3

Jurowski K., Fołta M., Tatar B., Berkoz M., Krośniak M. The Toxicological Risk Assessment of Cu, Mn, and Zn as Essential Elemental Impurities in Herbal Medicinal Products with Valerian Root (*Valeriana officinalis* L., radix). Available in Polish Pharmacies. Biological Trace Element Research. Published online 09 June 2021. DOI: 10.1007/s12011-021-02779-y.

Kotelnikova A.D., Rogova O.B., Stolbova V.V. Lanthanides in the soil: routes of entry, content, effect on plants, and genotoxicity (a review). Eurasian Soil Science. 2021; 54(1): 117–134. DOI: 10.1134/S1064229321010051.

## COMPARATIVE ESTIMATION OF THE ACCUMULATION OF DIFFERENT ELEMENTS FROM THE SOIL BY RAW MATERIALS OF VALERIAN SOMNITELNAYA AND VOLZHSKAYA GROWING ON THE TERRITORY OF THE VORONEZH REGION

O.A. Kolosova, O.V. Trineeva

Voronezh State University,  
Universitetskaya pl., 1, Voronezh, 394006, Russia

**ABSTRACT.** *Valeriana wolgensis* Kazak. and *Valeriana dubia* Bunge grow in the Voronezh region from the cycle of *Valeriana officinalis* (*Valeriana officinalis* L. s. I.), which are characterized by similar morphological features. Not only on the territory of the Russian Federation and the former USSR, but also in Europe, medicinal herbal preparations with valerian root are very popular for relieving mild symptoms of mental stress and improving sleep. In recent years, the topical direction of pharmacognosy is a comprehensive study of medicinal plants of various species, which makes it possible to substantiate the expediency of harvesting other organs and parts that are not described in the regulatory documentation for the purpose of rational environmental management of limited plant resources. Thus, the pharmacognostic study of the aerial organs of Valerian of the studied species is promising as a potential source of biologically active substances.

The method of mass spectrometry was used to study the elemental composition of rhizomes with roots, the herb of *Valeriana wolgensis* Kazak. and *Valeriana dubia* Bunge, as well as soils from places of growth. The content of 6 macro- (Al, Ca, K, Mg, Na, P) and 59 micro- and ultramicroelements was determined. The data indicate that lead, arsenic and cadmium accumulate more intensively in rhizomes with roots in comparison with grass: 5–7 times, 1.5 times and 3.5–4.5 times, respectively. Mercury is more actively accumulated by above-ground organs – 1.5–2.0 times as compared to underground ones. The total content of toxic elements in rhizomes with roots of Volga Valerian is about 6.5 times higher than that for a similar type of raw valerian dubious. The content of toxic normalized elements in the soil is 7–9 times higher than in the studied underground organs, and almost 70–90 times. The value of medicinal plant raw materials directly depends on its environmental safety. Analysis of the content of toxic elements in the studied samples showed that their amount does not exceed the permissible limits. The values of the coefficients of biological absorption of elements for the raw materials of Valerian of the studied species were determined. According to the ability to accu-

multate normalized toxic elements, the grass of the studied species of Valerian can be classified as a safe plant raw material, regardless of the harvesting area. Rhizomes with roots of *Valeriana dubia* Bunge tend to actively absorb cadmium from the soil, which indicates the impracticality of collecting underground organs along busy highways and metallurgy enterprises.

**KEYWORDS:** rhizomes with roots, grass, *Valeriana wolgensis* Kazak., *Valeriana dudia* L., elemental composition, chromatography-mass spectrometry, biological accumulation coefficient.

## REFERENCES

- Vlasov A.S., Belonogova V.D., Kuricyn A.V. Assessment of the ecological safety of medicinal plant materials in some areas of the Perm region. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014; 5: URL: [www.science-education.ru/119-15027](http://www.science-education.ru/119-15027) (in Russ).
- Vodyanitskiy Yu.N., Rogova O.B. Biogeochemistry of lanthanides in soils. *Byulleten Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva = Dokuchaev Soil Bulletin*. 2016; 84: 101-118. DOI: 10.19047/0136-1694-2016-84-101-118. (in Russ).
- Glukhov A.Z., Ostapko I.N., Kупenko N.P. Elemental composition of VALERIANA OFFICINALIS L. *Promyshlennaya botanika*. 2003; 3: 83–86. (in Russ).
- Gorbunov Yu.N. Valerian flora of Russia and neighboring states. M.: Science, 2002. 208 p. (in Russ).
- Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. XIV izd. Rezhim dostupa: <http://www.femb.ru/femb/pharmacopea.php>. [in Russ].
- Klemper A.V. Study of the content of inorganic ecotoxicants in some types of medicinal plant raw materials of the north-west of the Russian Federation. Abstract of the dissertation of the candidate of pharmaceutical sciences. SPb. 2013; 24 p. (in Russ).
- Klyuev, N.A., Brodsky E.S. Modern methods of mass spectrometric analysis of organic compounds. *Russian chemical journal*. 2002; 4(66): 57–63. (in Russ).
- Kolosova O.A., Gaponov S.P., Korenskaya I.M. Study of the elemental composition of rhizomes with roots and herbs of Volga Valerian and Doubtful Valerian growing in the Voronezh region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya*. 2003; 3: 83–86. (in Russ).
- Minkina T.M., Motuzova G.V., Miroshnichenko N.N., Fateev A.I., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A. Accumulation and distribution of heavy metals in plants of the technogenesis zone. *Agrochemistry*. 2013; 9: 65–75. (in Russ).
- Perel'man A.I. Landscape geochemistry. Moscow: High School, 1975. (in Russ).
- Protasova N.A. Trace elements: biological role, distribution in soils, influence on the distribution of human and animal diseases. *Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal*. 1998; 12: 32–37 (in Russ).
- SanPiN 2.3.21078-01 «Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu i bezopasnosti prodovol'-stvennogo syr'ya i pishhevyyh produktov» ot 14.11.2001/22.03.02. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://www.service-holod.ru/SanPiN2/SanPiN\\_2\\_3\\_2\\_1078\\_01.htm](http://www.service-holod.ru/SanPiN2/SanPiN_2_3_2_1078_01.htm). – Zagl. s jekrana (in Russ).
- Stanishevskaya I.E., Marakhova A.I., Gryaznov M.Yu., Khazieva F.M. Quality control of medicinal raw materials and phyto-preparations of *Valeriana officinalis* L. Development and drug registration. 2015; 1(10): 122–127. (in Russ).
- Tarasevich A.G., Lapa V.V., Milosta G.M. The chemical composition of valerian medicinal and the removal of mineral nutrition elements by products. *Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук*. 2015; 2: 64–69. (in Ukrain).
- Fursa N.S., Zotov A.A., Dmitruk S.E. Valerian in herbal medicine. Tomsk: NTL Publishing House, 1998; 212 p. (in Russ).
- Fursa N.S., Karakin A.A., Solennikova S.N. Valerian and diseases of the cardiovascular system. Yaroslavl: Trust, 2006; 564 p. (in Russ).
- Fursa N.S., Kruglov D.S., Shkrobotko P.Yu., Agafonov V.A., Kolosova O.A., Karavanova E.N., Baryshev V.A. Study of the elemental composition of rhizomes with roots of valerian cultivated in the Voronezh region in comparison with samples of raw materials from other places of cultivation. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya*. 2010; 2: 158–163. (in Russ).
- Shkrobotko P.Yu. Study of the elemental composition of various organs of tuberous valerian. *Zaporozhye medical journal*. 2008; 5(50): 142–144. (in Russ).
- Shkrobotko P.Yu., Solennikov I.N., Solennikova S.N., Lobashov A.V. Macro- and microelements of official raw materials valerian and features of their biological action. *Zaporozhye medical journal*. 2009; 6(11): 144–148. (in Russ).
- Shkrobotko P.Yu., Parfenov A.A., Demyanchuk T.A. Macro- and microelements of European and Asian samples of valerian. *Estestvoznaniye i gumanizm: Sbornik nauchnyh rabot*. Tomsk: SGMU, 2004: 72–75. (in Russ).
- Adameczyk-Szabela D., Markiewicz J., Wolf W.M. Heavy Metal Uptake by Herbs. IV. Influence of Soil pH on the Content of Heavy Metals in *Valeriana officinalis* L. *Water Air Soil Pollut*. 2015; 226: 106. DOI: 10.1007/s11270-015-2360-3
- Jurowski K., Fołta M., Tatar B., Berkoz M., Krośniak M. The Toxicological Risk Assessment of Cu, Mn, and Zn as Essential Elemental Impurities in Herbal Medicinal Products with Valerian Root (*Valeriana officinalis* L., radix). Available in Polish Pharmacies. *Biological Trace Element Research*. Published online 09 June 2021. DOI: 10.1007/s12011-021-02779-y.
- Kotelnikova A.D., Rogova O.B., Stolbova V.V. Lanthanides in the soil: routes of entry, content, effect on plants, and genotoxicity (a review). *Eurasian Soil Science*. 2021; 54(1): 117-134. DOI: 10.1134/S1064229321010051.