

ЛИПА МЕЛКОЛИСТНАЯ КАК БИОИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Елена Борисовна Мамиева¹
Лариса Владимировна Ширнина²

¹ Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова,
г. Владикавказ

² Воронежский институт высоких технологий

В течение 2009-2011 гг. исследован уровень накопления тяжелых металлов (ТМ) в органах липы мелколистной, произрастающей на шести участках в столице Северной Осетии-Алании – Владикавказе (в рядовых уличных посадках, в градиенте комплексного загрязнения городской среды). Наличие и количество ТМ определяли методом атомно-абсорбционного анализа. Показано значительное превышение контрольного уровня (минимального уровня загрязнения) концентрации цинка (на 15-269%), свинца (на 2-267%), кадмия (на 1108%) и меди (на 32-318%) в листьях, ветвях и плодах липы мелколистной, произрастающей в условиях крупного города. Сделаны выводы о том, что липа мелколистная в условиях техногенного загрязнения урбозокосистемы способна поглощать значительные количества ТМ листьями, ветвями и плодами и является их концентратором, тем самым очищая атмосферный воздух от токсичных элементов. Листья липы особенно хорошо поглощают цинк и свинец, коэффициент накопления которых прямо пропорционален уровню загрязнения воздуха, о чем свидетельствует выявленная прямая положительная зависимость ($k = 0,53 \pm 0,12$ и $0,43 \pm 0,13$ соответственно). Наиболее активно эти элементы накапливаются в кроне липы в зоне действия завода «Электроцинк», характеризующейся самым высоким индексом загрязнения атмосферы (ИЗА). Информативным показателем для биоиндикации загрязнения атмосферного воздуха ТМ от техногенных источников может служить коэффициент обогащения листьев липы цинком и свинцом, содержание которых прямо пропорционально ИЗА. Этот показатель позволяет устанавливать разницу в уровне загрязнения воздушной среды ТМ при сравнительной оценке участков города.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: городская среда, загрязнение атмосферного воздуха, липа мелколистная, тяжелые металлы, атомно-абсорбционный метод, биоиндикация.

LITTLELEAF LINDEN AS A BIOLOGICAL INDICATOR OF AIR POLLUTION WITH HEAVY METALS

Elena B. Mamieva¹
Larisa V. Shirnina²

¹ North Ossetian State University named after Kosta Levanovich Khetagurov, Vladikavkaz

² Voronezh Institute of High Technologies

In 2009-2011 the authors investigated the level of accumulation of heavy metals (HM) in the organs of littleleaf linden growing on six sites in Vladikavkaz – the capital of North Ossetia-Alania (line street plantings in the gradient of complex urban pollution). The presence and quantity of HM were determined by the method of atomic-absorption analysis. It was shown that the control level (the minimum level of contamination) was significantly exceeded for zinc (by 15-269%), lead (by 2-267%), cadmium (by 1108%) and copper (by 32-318%) in the leaves, branches and fruits of littleleaf linden growing in the environment of a large city. It was concluded that under the conditions of technogenic pollution of the urban ecosystem the littleleaf linden is able to absorb significant amounts of HM with its leaves, branches and fruits and act as a concentrator, thereby purifying the atmospheric air from toxic elements. Linden leaves absorb zinc and lead especially well with the accumulation coefficient being directly proportional to the level of air pollution, which is evidenced by the revealed direct positive dependence ($k = 0.53 \pm 0.12$ and 0.43 ± 0.13 , respectively). These elements are most actively accumulated in the crown of linden trees in the zone of impact of the Electro zinc plant, which is characterized by the highest air pollution index (API). The coefficient of enrichment of linden leaves with zinc and lead (the content of which is directly proportional to API) can serve as an informative bioindicator of air pollution with HM from technogenic sources. These indicators allow determining the difference in the levels of air pollution with HM in different areas of the city.

KEY WORDS: urban environment, air pollution, littleleaf linden, heavy metals, atomic absorption method, bioindication.

Введение

Тяжелые металлы (ТМ) входят в группу наиболее активных участников биологических окислительно-восстановительных процессов [2, 15]. Эти токсичные элементы, поступающие в окружающую среду, способны поглощаться живыми организмами, включаются в состав многих ферментов и оказывают на них положительное или резко отрицательное, токсичное воздействие. К высокотоксичным тяжелым металлам I класса опасности относятся свинец и кадмий [6], поступающие в окружающую среду при движении автотранспорта, в результате износа металлических частей автомобилей и шин. Другие ТМ, например, цинк и медь, становятся опасными при значительном превышении их ПДК или при вступлении в реакцию с другими элементами и веществами с образованием вредных соединений. Так, неорганические соединения свинца нарушают обмен веществ и ингибируют функцию ферментов. Заметное негативное влияние ТМ оказывают на здоровье населения городов [17]. Поэтому изучение техногенной нагрузки на улицах городов и отклика биоты на уровень загазованности актуально.

Техногенными источниками загрязнения окружающей среды ТМ являются промышленные предприятия и автомобили. Для изучения уровня техногенной нагрузки в урбоэкосистемах необходимо использовать объекты, реагирующие на загрязнение среды соответственно его уровню, то есть биоиндикаторы.

Целью наших исследований является оценка состояния насаждений липы мелколистной на территории г. Владикавказа – столицы Северной Осетии-Алании (СО-А). Липа – обычный компонент в ассортименте пород, используемых для озеленения населенных пунктов, благодаря особым биологическим свойствам, в том числе достаточно высокой устойчивости в городской среде к загазованности воздуха [12, 18] и способности поглощать широкий спектр ТМ [13].

Наличие в г. Владикавказе ряда промышленных предприятий и обилие автотранспорта обеспечивает значительные объемы выбросов в атмосферу и почву. В ряду предприятий наиболее активно загрязняют воздушную среду города ОАО «Электроцинк» (5,8 тыс. т), ВМУП «Тепловые сети» (1 тыс. т), ОАО «Иристонстекло» (0,6 тыс. т) и Концерн «Севосетиннефтегазпром» (0,3 тыс. т), доля которых составляет 6% в общем списке источников загрязнения [4]. В 2015 г. по общему объему выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух республика СО-А в Северокавказском федеральном округе находилась на пятом месте. В то же время по доле площади зеленых насаждений, принадлежащих на одного горожанина, она занимает первое место в регионе.

Выбросы подвижных источников загрязнения атмосферного воздуха составляют 93,1% от валовых выбросов и оказывают наиболее масштабное влияние на состояние окружающей среды. Автомобильный транспорт выбрасывает в атмосферу 75,6 тыс. т вредных веществ, в том числе тяжелые металлы (Pb, Zn, Cu, Cd, Fe и др.), которые проникают в растения из почвы и воздуха и способны не только включаться в метаболические процессы, но и накапливаться в тканях различных органов.

В качестве критерия отклика липы на комплексное загрязнение среды в г. Владикавказе ранее были использованы значения различных показателей: морфометрии, ростовых процессов, развития генеративной сферы [5, 9-11]. Очередной задачей было определение локализации и содержания ТМ (кадмия, цинка, меди и свинца) в листьях, ветвях и плодах деревьев липы мелколистной в градиенте техногенного загрязнения.

Материалы и методы

Образцы для анализа отбирали в течение 2009-2011 гг. на 6 участках г. Владикавказа с различными индексами загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА), рассчитанными по 5 основным загрязняющим веществам (табл. 1). Всего было отобрано по 360 листьев и ветвей и 330 плодов на каждом участке в рядовых посадках липы мелколистной, с 10 деревьев одного класса возраста, с двух экспозиций – со стороны дорожного полотна и с противоположной стороны, обращенной к промышленным предприятиям, их отвалам, объектам инфраструктуры или селитебной зоны города.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Таблица 1. Характеристика пунктов обследования

№ участка	Наименование объекта	ИЗА [6]	Уровень загрязнения
1	Ул. Шмулевича (контроль)	2,0	Низкий
2	Ул. Горького	3,8	Слабый
3	Ул. Джанаева	4,0	Средний
4	Ул. Чкалова	4,6	Средний
5	Поликлиника завода «Электроцинк»	5,1	Средний
6	Завод «Электроцинк», отвалы	6,4	Высокий

Содержание ТМ определяли в лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в РСО-А» методом атомно-абсорбционной спектрометрии [14] на спектрометре Квант-АФА производства Москва ТОО «Кортек», с использованием способа сухой минерализации по ГОСТ 30178-96 [3], в трехкратной повторности.

Экспериментальные данные обработаны с помощью методов биологической статистики [8]. Коэффициент обогащения (*Коб*) органов липы каким-либо тяжелым металлом определяли как отношение среднего содержания элемента в растениях опытных вариантов и контрольных [7].

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных материалов показал следующее. По абсолютному содержанию наиболее активно поглощается липой цинк (табл. 2).

Таблица 2. Содержание Zn в органах липы мелколистной

Орган растения	Экспозиция	Показатели	Варианты в порядке убывания степени загрязнения (ИЗА)					
			Завод «Электроцинк» (6,4)	Поликлиника завода «Электроцинк» (5,1)	Улицы			
					Чкалова (4,6)	Джанаева (4,0)	Горького (3,8)	Шмулевича (2,0) К
Листья	1	мг/кг	397,64	244,38	193,40	192,04	183,28	122,02
		% от К	325,88	200,28	158,50	157,38	150,20	100
		<i>Коб</i>	3,26	2,00	1,58	1,57	1,50	-
	2	мг/кг	347,84	155,67	109,35	181,84	136,74	91,40
		% от К	369,63	170,32	119,64	199,95	149,61	100
		<i>Коб</i>	3,80	1,79	1,20	1,99	1,50	-
Ветви	1	мг/кг	286,47	199,57	204,50	163,00	200,11	109,35
		% от К	261,97	182,50	187,01	149,06	183,00	100
		<i>Коб</i>	2,62	1,82	1,87	1,49	1,83	-
	2	мг/кг	396,44	186,11	184,63	176,21	206,11	178,33
		% от К	222,31	104,35	103,53	98,81	115,58	100
		<i>Коб</i>	2,22	1,04	1,03	0,99	1,15	-
Плоды	1	мг/кг	134,32	122,11	104,64	84,73	96,42	67,89
		% от К	197,85	179,86	154,13	124,80	142,02	100
		<i>Коб</i>	1,98	1,80	1,54	1,25	1,42	-
	2	мг/кг	-*	104,13	94,63	57,24	34,68	61,15
		% от К	-	170,29	154,75	93,60	56,71	100
		<i>Коб</i>	-	1,70	1,55	0,94	0,57	-

Примечания (здесь и далее): * – отсутствие плодов на ветвях, обращенных к рудным отвалам; 1 – материал отобран в кроне со стороны автодороги; 2 – материал отобран в кроне со стороны, противоположной дорожному полотну; К – контроль

Масса цинка в опытных вариантах, за редким исключением, превышает таковую у контрольных деревьев в 0,6-3,7 раза, или на 15-269%, что особенно четко проявляется при наиболее высокой степени загрязнения в зоне действия завода «Электроцинк».

Цинк накапливается преимущественно в листьях (*Коб* при разной экспозиции равняется 1,50-3,26 со стороны дорожного полотна и 1,20-3,80 со стороны внутриквартальных участков или промышленных предприятий), несколько меньше – в ветвях (соответственно *Коб* = 1,49-2,62 и 0,99-2,22) и плодах (*Коб* = 1,25-1,98 и 0,57-1,70). Уровень поглощения цинка листьями и плодами достаточно высоко коррелирует со степенью загрязнения среды ($k = 0,53 \pm 0,12$) и особенно хорошо выражен в тех частях крон, которые обращены к движущемуся автотранспорту. В данном случае, очевидно, проявляется комплексное воздействие двух типов источников загрязнения – подвижных (автотранспорт) и стационарного – завод «Электроцинк».

Свинец поглощается в основном тканями листьев и ветвей (превышение над контролем на 2-267%). В плодах его абсолютное содержание значительно меньше, однако по сравнению с контрольным вариантом в них зарегистрирована наибольшая разница – 295-454% (табл. 3).

Таблица 3. Содержание Pb в органах липы мелколистной

Орган растения	Экспозиция	Показатели	Варианты в порядке убывания степени загрязнения (ИЗА)					
			Завод «Электроцинк» (6,4)	Поликлиника завода «Электроцинк» (5,1)	Улицы			
					Чкалова (4,6)	Джанаева (4,0)	Горького (3,8)	Шмулевича (2,0) К
Листья	1	мг/кг % от К <i>Коб</i>	72,61 267,34 2,67	42,32 155,82 1,56	34,84 128,28 1,29	37,71 138,84 1,39	27,70 101,99 1,02	27,16 100 -
	2	мг/кг % от К <i>Коб</i>	61,27 309,56 3,10	34,28 173,39 1,73	31,91 161,41 1,61	36,44 184,32 1,84	22,67 114,69 1,15	19,77 100 -
Ветви	1	мг/кг % от К <i>Коб</i>	75,86 270,05 2,70	44,88 162,73 1,63	32,89 119,25 1,19	24,71 89,59 0,89	28,36 102,83 1,03	27,58 100 -
	2	мг/кг % от К <i>Коб</i>	66,83 232,29 2,32	34,97 121,55 1,21	28,16 97,88 0,98	29,15 101,67 1,02	29,62 102,95 1,03	28,77 100 -
Плоды	1	мг/кг % от К <i>Коб</i>	25,25 553,73 5,53	11,68 256,14 2,56	11,34 248,68 2,49	17,76 389,47 3,89	18,00 394,71 3,95	4,56 100 -
	2	мг/кг % от К <i>Коб</i>	-* - -	1,27 268,85 2,69	9,69 253,66 2,54	16,43 430,10 4,30	14,02 367,01 3,67	3,82 100 -

Сравнивая степень накопления свинца (во всех органах составляет 1,27-75,86 мг/кг сухой массы растительных тканей), отмечаем, что по относительному показателю *Коб* накопление свинца наиболее активно идет в плодах: 2,49-5,53 и 2,54-4,30 по сравнению с таковым в листьях – 1,02-2,67 и 1,15-3,10 и ветвях – 0,89-2,70 и 0,98-2,32. Достоверная прямая зависимость уровня накопления свинца от экспозиции места отбора проб выражена для листьев, отобранных в частях крон, обращенных к автодороге ($k = 0,43 \pm 0,13$), в остальных случаях она недостоверна ($k = 0,19-0,21$). Аналогичные данные получены в крупном промышленном центре Кузбасса – г. Кемерово, где на фоне высокого уровня загрязнения в листьях липы мелколистной выявлен целый спектр ТМ из 6 элементов, а *Коб* свинца составил 2,56-3,00 [13].

С учетом известной информации о том, что нормальными для растений считаются концентрации свинца от 0,1 до 5,0 мг/кг сухого вещества [6, 19], критической концентрацией – 10,0 мг/кг [16, 19], а фитотоксичной – более 60,0 мг/кг [20], можно сделать вывод о том, что липа мелколистная накапливает критическую и фитотоксич-

ную концентрацию этого элемента и может служить хорошим его поглотителем, концентратом и объектом очищения воздушной среды города.

Кадмий (Cd), наиболее подвижный элемент из группы ТМ, поглощается всеми органами липы (табл. 4), по абсолютному содержанию наиболее активно – ветвями. Однако превышение содержания кадмия в опытных вариантах по сравнению с контролем сильно варьирует – в пределах 0-1108,7%.

Таблица 4. Содержание Cd в органах липы мелколистной

Орган растения	Экспозиция	Показатели	Варианты в порядке убывания степени загрязнения (ИЗА)					
			Завод «Электроцинк» (6,4)	Поликлиника завода «Электроцинк» (5,1)	Улицы			
					Чкалова (4,6)	Джанаева (4,0)	Горького (3,8)	Шмулевича (2,0) К
Листья	1	мг/кг	11,06	2,68	2,78	2,23	2,43	1,35
		% от К	819,26	198,52	205,92	165,18	180,98	100
		Коб	8,19	1,98	1,06	1,65	1,81	-
	2	мг/кг	10,48	2,39	2,12	1,30	1,98	1,12
% от К		935,71	213,39	189,28	160,07	176,78	100	
Коб		9,36	2,13	1,89	1,61	1,77	-	
Ветви	1	мг/кг	15,23	2,49	2,42	2,20	2,34	1,26
		% от К	1208,73	197,68	192,14	174,60	185,71	100
		Коб	12,09	1,98	1,92	1,75	1,86	-
	2	мг/кг	14,66	1,84	1,74	2,30	2,63	1,84
% от К		796,74	100,00	94,56	125,00	142,93	100	
Коб		7,97	1,00	0,94	1,25	1,43	-	
Плоды	1	мг/кг	3,12	1,18	1,02	1,10	0,63	0,88
		% от К	354,54	134,09	115,91	125,0	71,59	100
		Коб	3,54	1,34	1,16	1,25	0,72	-
	2	мг/кг	-	0,97	0,90	0,77	0,37	0,33
% от К		-	239,94	272,73	233,93	112,12	100	
Коб		-	2,40	2,73	2,34	1,12	-	

Сравнение полученных данных по относительным величинам *Коб* показало, что к концу вегетации (вторая половина августа) содержание кадмия в листьях, растущих на разных участках в части крон, обращенных к дорожному полотну, составляло 1,06-8,19, а в листьях, собранных в части кроны с противоположной стороны, 1,61-9,36. Соответственно эти показатели для ветвей составили 1,75-12,09 и 0,94-7,97, для плодов – 0,72-3,54 и 1,12-2,73.

Наибольшее количество кадмия выявлено во всех органах липы в зоне влияния завода «Электроцинк»: 819,26% и 935,71% от контроля соответственно в листьях со стороны дорожного полотна и со стороны, обращенной к рудным отвалам: 1208,73 и 796,74% – в ветвях; 354,54% – в плодах. Это, вероятно, обусловлено двойным прессингом на растения – выбросами завода «Электроцинк» и его отвалов и потока проходящего автотранспорта.

Дополнительными показателями негативного воздействия завода является неприятный запах, раздражающий слизистую дыхательных путей, и повышение числа болеющих детей. Проблема стала социально значимой для города и вызвала необходимость проведения независимой экологической экспертизы [1].

Липа, особенно ее листья, являются хорошим концентратом кадмия, однако определенной зависимости между его количественным содержанием в органах липы и уровнем ИЗА не выявлено.

Накопление меди в органах липы (табл. 5) находится на низком уровне, в пределах 0,99-4,18 *Коб*, но по сравнению с контролем оно выше на 32-318%. Характер связи между

содержанием меди в листьях растений и ИЗА – слабая положительная ($k = 0,31 \pm 0,09$). В ветвях и плодах этот показатель варьирует без выраженной зависимости.

Таблица 5. Содержание Си в органах липы мелколистной

Орган растения	Экспозиция	Показатели	Варианты в порядке убывания степени загрязнения (ИЗА)					
			Завод «Электроцинк» (6,4)	Поликлиника завода «Электроцинк» (5,1)	Улицы			
					Чкалова (4,6)	Джанаева (4,0)	Горького (3,8)	Шмулевича (2,0) К
Листья	1	мг/кг	9,08	5,12	3,53	4,20	3,39	2,56
		% от К	354,70	200,00	137,89	164,06	132,42	100
		Коб	3,55	2,00	1,38	1,64	1,32	-
	2	мг/кг	8,11	3,26	2,21	4,84	3,53	1,94
% от К		418,04	168,04	113,92	249,48	181,96	100	
Коб		4,18	1,68	1,14	2,49	1,82	-	
Ветви	1	мг/кг	6,44	4,03	4,78	3,25	5,71	2,45
		% от К	262,86	164,49	195,10	132,65	233,06	100
		Коб	2,63	1,64	1,95	1,33	2,33	-
	2	мг/кг	9,05	4,01	3,87	4,07	5,82	3,89
% от К		232,65	103,08	99,48	104,63	149,61	100	
Коб		2,33	1,03	0,99	1,05	1,50	-	
Плоды	1	мг/кг	3,48	3,25	4,86	4,82	4,46	3,24
		% от К	107,70	100,31	150,00	148,76	137,65	100
		Коб	1,07	1,00	1,50	1,49	1,38	-
	2	мг/кг	-*	3,15	3,25	3,82	3,32	1,32
% от К		-	238,64	246,21	289,40	251,15	100	
Коб		-	2,39	2,46	2,89	2,51	-	

Выводы

1. Липа мелколистная в условиях техногенного загрязнения урбоэкосистемы способна поглощать значительные количества тяжелых металлов, прежде всего цинка и свинца, листьями, ветвями и плодами, поэтому может служить биоиндикатором загрязнения атмосферного воздуха города этими элементами. Особенно хорошим их концентратом являются листья.

2. Наиболее активно накапливаются в органах липы цинк и свинец в зоне действия завода «Электроцинк», характеризующейся самым высоким уровнем ИЗА.

3. Насаждения липы могут служить эффективными концентраторами ТМ, способствуя очищению городской воздушной среды от этих металлов, поступающих из разных техногенных источников.

4. Информативным показателем загрязнения атмосферного воздуха ТМ от техногенных источников может служить *Коб* листьев липы цинком и свинцом, содержание которых прямо пропорционально ИЗА. Эти данные позволяют считать, что липа мелколистная может служить биоиндикатором, с помощью которого возможно устанавливать разницу в уровне загрязнения воздушной среды ТМ при сопоставлении разных участков города.

Библиографический список

1. Алиханова А. На «Электроцинке» проведут независимую экологическую экспертизу / А. Алиханова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://region15.ru/docs/news-ekology/> (дата обращения: 10.01.2017).

2. Вайнерт Э. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / Э. Вайнерт, Р. Вальтер, Т. Ветцель и др. – Москва : Мир, 1988. – 350 с.
3. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. – Введ. 1998-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1997. – 8 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – Москва : Минприроды России; НИИ-Природа. – 2016. – 639 с.
5. Изменение фенотипических признаков липы мелколистной в урбанизированной среде / Л.В. Чопикашвили, Е.Б. Мамиева, И.И. Корнорухова, А.Л. Калабеков // Известия Горского гос. аграрного ун-та. – Владикавказ, 2014. – Т. 54, ч. 4. – С. 402-406.
6. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1991. – 151 с.
7. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1984. – 380 с.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие для биол. специальностей вузов / Г.Ф. Лакин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1980. – 293 с.
9. Мамиева Е.Б. Влияние атмосферного загрязнения г. Владикавказа на семенную продуктивность липы мелколистной / Е.Б. Мамиева // Сб. науч. статей IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Тобольск-научный, 2012. – С. 127-129.
10. Мамиева Е.Б. Влияние атмосферного загрязнения на качество пыльцы липы мелколистной в условиях г. Владикавказа / Е.Б. Мамиева // Актуальные проблемы экологии и сохранения биоразнообразия России и сопредельных стран : сб. науч. статей VI Всерос. конф. – Владикавказ, 2012. – С. 61-67.
11. Мамиева Е.Б. Влияние атмосферного загрязнения на параметры листа липы мелколистной в условиях г. Владикавказа / Е.Б. Мамиева // Актуальные проблемы экологии и сохранения биоразнообразия России и сопредельных стран : сб. науч. статей VI Всерос. конф. – Владикавказ, 2012. – С. 151-154.
12. Неверова О.А. Изучение механизмов поступления свинца в древесные растения / О.А. Неверова, В.С. Николаевский // Известия Таганрогского гос. радиотехн. ун-та. – Таганрог, 2004. – № 5 (40). – С. 159-164.
13. Неверова О.А. Фитоиндикация загрязнения городской среды тяжелыми металлами (на примере г. Кемерово) / О.А. Неверова, В.М. Позняковский // Известия вузов. Лесной журнал. – 2005. – № 4. – С. 92-95.
14. Обухов А.И. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях / А.И. Обухов, И.О. Плеханова. – Москва : Изд-во МГУ, 1991. – 184 с.
15. Серёгин И.В. Распределение тяжелых металлов в растениях и их действие на рост : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.12 / И.В. Серёгин. – Москва, 2009. – 54 с.
16. Тарабрин В.П. Устойчивость древесных растений в условиях промышленного загрязнения окружающей среды : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.16 / В.П. Тарабрин. – Киев, 1974. – 54 с.
17. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) / Г.А. Теплая // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – № 1 (23). – С. 182-192.
18. Федорова А.И. Древесные растения г. Воронежа (биоразнообразие и устойчивость) : учеб. пособие для вузов / А.И. Федорова, М.А. Михеева. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского гос. ун-та, 2008. – 95 с.
19. Baker D.E. Chemical monitoring of soil for environmental quality animal and health / D.E. Baker, L. Chesnin // Advances in Agronomy. – 1975. – Vol. 27. – P. 306-366.
20. Verloo M. Analytical and biological criteria with regard to soil pollution / M. Verloo, A. Cottenie, G. Van. Landschoot // Landwirtschaftliche Forschung : Kongressband, 1982. – H.39. – S. 394-403.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Елена Борисовна Мамиева – учебный мастер кафедры физиологии, анатомии и ботаники, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова», Северная Осетия-Алания, г. Владикавказ, E-mail: elena.mamiewa@yandex.ru.

Лариса Владимировна Ширнина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Учебно-методический совет, Воронежский институт высоких технологий – автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования, Российская Федерация, г. Воронеж, E-mail: vivt.ru.

Дата поступления в редакцию 10.01.2017

Дата принятия к печати 26.01.2017

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Elena B. Mamieva – Teaching Assistant, the Dept. of Physiology, Anatomy and Botany, North Ossetian State University named after Kosta Levanovich Khetagurov, the Republic of North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, E-mail: elena.mamiewa@yandex.ru.

Larisa V. Shirnina – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Educational and Methodological Board, Voronezh Institute of High Technologies, Russian Federation, Voronezh, E-mail: vivt.ru.

Date of receipt 10.01.2017

Date of admittance 26.01.2017