

## ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ТРАВой ГОРЦА ПТИЧЬЕГО И ЛИСТЬЯМИ ПОДОРОЖНИКА БОЛЬШОГО В ПРОЦЕССЕ ВЕГЕТАЦИИ В ГОРОДЕ ВОРОНЕЖЕ И ЕГО ОКРЕСТНОСТЯХ

Великанова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия (394006, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1), e-mail: [Ninotchka\\_V89@mail.ru](mailto:Ninotchka_V89@mail.ru)

В статье приведены данные по определению содержания тяжелых металлов и изучению динамики их накопления в разные фазы вегетации (бутонизация, начало цветения, массовое цветение, плодоношение) в лекарственном растительном сырье подорожника большого (*Plantago major*) и горца птичьего (*Polygonum aviculare*), собранных в городе Воронеже и его окрестностях. *Plantago major* и *Polygonum aviculare* – наиболее характерные представители как естественных растительных сообществ, так и урбанофлоры и синантропной растительности. К тому же эти виды используются в качестве лекарственного растительного сырья в медицине и фармации, а также в качестве пищевого, кормового сырья. Валовое содержание тяжелых металлов в растениях определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе по стандартным методикам. Для подробной характеристики процесса накопления тяжелых металлов в изучаемых растениях нами были посчитаны градиенты концентраций в разные фазы вегетации.

Ключевые слова: подорожник большой, горец птичий, тяжелые металлы, градиент концентрации.

## STUDYING OF DYNAMICS OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS BY THE GRASS OF THE POLYGONUM AVICULARE AND LEAVES OF THE PLANTAGO MAJOR IN THE COURSE OF VEGETATION IN THE CITY OF VORONEZH AND ITS SUBURBS

Velikanova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.Y.

Voronezh State University, Universitetskaya pl., 1, Voronezh, Russia, 394006, e-mail: [Ninotchka\\_V89@mail.ru](mailto:Ninotchka_V89@mail.ru)

A content of heavy metals and dynamics of their accumulation in different phases of vegetation (budding, beginning and mass flowering, fructifying) of medicinal vegetative raw materials of a *Polygonum aviculare* and *Plantago major*, collected in the city of Voronezh and its suburbs were analyzed. *Plantago major* and *Polygonum aviculare* are typical representatives of both natural and urban plant communities. Also these species are used as medicinal and fodder plant raw. Gross contents of the heavy metals in the plant was determined with the method of atomic absorption spectrometry. Gradient of accumulation of the heavy metals in the plants in different phases of vegetation was accounted.

Keywords: *Plantago major*, *Polygonum aviculare*, heavy metals, concentration gradient.

### Введение

Урбанизация – одна из основных социально-экологических проблем нашего времени. В процессе становления города формируется новая антропогенная среда со специфическими чертами техногенного влияния. Нарастающее техногенное воздействие на урбосистемы со стороны промышленных комплексов, а также ТЭЦ, автотранспорта приводит к сильному загрязнению почв вредными веществами, снижению способности к самовосстановлению почв и деградации растительности. Из-за роста городов, увеличения количества автотранспорта, расширения производственных площадей вероятность заготовки лекарственного растительного сырья вблизи источников выброса загрязнителей возрастает, в

связи с чем остро возникает необходимость проведения контроля его качества и экологической чистоты [2; 4].

**Цель работы:** исследование динамики накопления тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье в городе Воронеже и его окрестностях. В качестве растительных объектов исследования использованы подорожник большой (*Plantago major*) и горец птичий (*Polygonum aviculare*). Данные виды характеризуются широтой географического распространения, преимущественно семенным размножением и средообразующей способностью. Это наиболее характерные представители как естественных растительных сообществ, так и урбанофлоры и синантропной растительности. К тому же эти виды используются в качестве лекарственного растительного сырья в медицине и фармации, а также в качестве пищевого, кормового сырья.

Нами были проведены сборы травы горца птичьего и листьев подорожника большого в 2012 году в различные фазы вегетации исследуемых растений. Сбор лекарственного растительного сырья проводили на трех анализируемых территориях, различных с экологической точки зрения: заповедная зона (экологически чистая территория), улица города (территория, подвергающаяся умеренному антропогенному воздействию), Московская трасса (территория, подвергающаяся сильному антропогенному воздействию).

**Методика эксперимента.** Сбор, сушка и хранение сырья, а также отбор проб для анализа проводили по общим правилам. Валовое содержание тяжелых металлов в растениях определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе «ААС Квант-2А» по стандартным методикам [3]. Результаты определений приведены в таблицах 1, 2.

Анализ данных таблиц 1, 2 показывает, что в процессе вегетации лекарственных растений происходит постепенное накопление тяжелых металлов. Для подробной характеристики процесса накопления тяжелых металлов в изучаемых растениях нами были посчитаны градиенты концентраций в разные фазы вегетации.

$$D_c = \frac{C_2 - C_1}{C_1},$$

где,  $D_c$  – градиент концентраций в разные фазы вегетации;

$C_1$  – значение концентрации элемента в предыдущую фазу вегетации;

$C_2$  – значение концентрации элемента в настоящую фазу вегетации.

В таблицах 3, 4 приведены расчеты градиента концентрации тяжелых металлов в разные фазы вегетации в траве горца птичьего и листьях подорожника большого.

**Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в различные фазы вегетации в траве горца птичьего**

<b>Место сбора горца птичьего, 2012 г.</b>	<b>Фаза сбора</b>	<b>Pb</b>	<b>Hg</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>As</b>
Заповедная зона	бутонизация	0,22	0,002	13,53	0,94	0,56	0,68	0,06	0,03	0,09
	начало цветения	0,38	0,002	14,56	1,15	0,71	0,75	0,12	0,05	0,11
	цветение	0,42	0,002	15,24	1,71	0,77	0,80	0,14	0,06	0,12
	плодоношение	0,54	0,002	18,68	2,76	1,04	1,09	0,16	0,09	0,14
Улица города	бутонизация	0,52	0,002	18,84	1,67	1,86	1,77	0,13	0,06	0,24
	начало цветения	1,13	0,004	28,52	3,94	2,89	3,07	0,17	0,20	0,30
	цветение	1,46	0,004	43,50	5,38	3,59	3,66	0,19	0,28	0,33
	плодоношение	2,06	0,006	66,84	6,68	5,05	4,23	0,25	0,33	0,43
Московская трасса	бутонизация	1,27	0,002	34,77	4,50	0,66	1,86	0,21	0,13	0,22
	начало цветения	1,31	0,004	98,66	10,05	3,06	4,54	0,41	0,36	0,39
	цветение	1,46	0,005	136,57	12,46	4,85	5,54	0,55	0,48	0,42
	плодоношение	2,29	0,008	178,96	16,90	6,21	9,09	0,69	0,50	0,54
ПДК		6,00	0,100					1,00		0,50

**Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в различные фазы вегетации в листьях подорожника большого**

<b>Место сбора подорожника большого, 2012 г.</b>	<b>Фаза сбора</b>	<b>Pb</b>	<b>Hg</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>As</b>
Заповедная зона	бутонизация	0,38	0,002	6,36	0,76	0,53	0,23	0,09	0,02	0,08
	начало цветения	0,47	0,002	7,80	0,95	0,65	0,53	0,10	0,03	0,11
	цветение	0,52	0,002	8,00	1,37	0,78	0,63	0,11	0,03	0,13
	плодоношение	0,86	0,002	14,86	1,57	0,97	1,02	0,14	0,05	0,15
Улица города	бутонизация	0,69	0,002	12,83	2,86	2,85	1,04	0,12	0,09	0,14
	начало цветения	0,97	0,004	18,87	5,87	3,56	2,95	0,21	0,19	0,29
	цветение	1,79	0,005	23,95	6,98	4,83	3,35	0,24	0,29	0,33
	плодоношение	2,32	0,005	28,64	7,04	5,73	4,82	0,28	0,34	0,45
Московская	бутонизация	0,84	0,004	11,35	2,37	2,84	1,25	0,18	0,10	0,13

трасса	начало цветения	1,57	0,005	16,82	3,78	7,55	3,72	0,22	0,39	0,30
	цветение	1,69	0,005	18,06	4,86	12,15	7,40	0,26	0,50	0,39
	плодоношение	2,84	0,008	24,84	6,25	17,47	9,56	0,31	0,63	0,51
ПДК		6,00	0,100					1,00		0,50

**Таблица 3 – Значения градиентов концентраций тяжелых металлов в разные фазы вегетации в траве горца птичьего**

Место сбора горца птичьего	Фаза вегетации	Pb	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As	Среднее значение
Заповедная зона	начало цветения	0,67	0,00	0,08	0,23	0,25	0,11	0,83	0,74	0,33	
	цветение	0,11	0,00	0,05	0,49	0,09	0,07	0,19	0,20	0,05	
	плодоношение	0,29	0,00	0,23	0,62	0,36	0,36	0,17	0,51	0,15	
	Среднее	0,36	0,00	0,12	0,44	0,23	0,18	0,40	0,48	0,18	0,25
Улица города	начало цветения	1,17	1,00	0,51	1,36	0,55	0,74	0,26	2,36	0,26	
	цветение	0,29	0,00	0,53	0,36	0,24	0,19	0,13	0,43	0,11	
	плодоношение	0,41	0,50	0,54	0,24	0,41	0,16	0,32	0,18	0,30	
	Среднее	0,62	0,50	0,53	0,65	0,40	0,36	0,23	0,99	0,22	0,47
Московская трасса	начало цветения	0,03	1,00	1,84	1,23	3,65	1,43	0,97	1,80	0,76	
	цветение	0,11	0,25	0,38	0,24	0,58	0,22	0,34	0,33	0,10	
	плодоношение	0,57	0,60	0,31	0,36	0,28	0,64	0,26	0,04	0,27	
	Среднее	0,24	0,62	0,84	0,61	1,50	0,77	0,52	0,72	0,38	0,64

**Таблица 4 – Значения градиентов концентраций тяжелых металлов в разные фазы вегетации в листьях подорожника большого**

Место сбора подорожника большого	Фаза вегетации	Pb	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As	Среднее значение
Заповедная зона	начало цветения	0,25	0,00	0,23	0,24	0,22	1,28	0,08	0,17	0,33	
	цветение	0,10	0,00	0,03	0,45	0,21	0,19	0,14	0,19	0,14	

Улица города	плодоно- шение	0,66	0,00	0,86	0,14	0,24	0,62	0,24	0,57	0,15	
	Среднее	0,34	0,00	0,37	0,28	0,22	0,69	0,15	0,31	0,21	0,27
	начало цветения	0,41	1,00	0,47	1,05	0,25	1,83	0,65	1,22	1,09	
	цветение	0,84	0,25	0,27	0,19	0,35	0,13	0,17	0,54	0,13	
	плодоно- шение	0,30	0,00	0,20	0,01	0,19	0,44	0,19	0,15	0,39	
	Среднее	0,52	0,42	0,31	0,42	0,26	0,80	0,34	0,64	0,54	0,44
Москов- ская трасса	начало цветения	0,87	0,25	0,48	0,60	1,66	1,99	0,18	2,85	1,29	
	цветение	0,08	0,00	0,07	0,29	0,61	0,99	0,20	0,31	0,31	
	плодоно- шение	0,68	0,60	0,38	0,29	0,44	0,29	0,18	0,25	0,33	
	Среднее	0,54	0,28	0,31	0,39	0,90	1,09	0,18	1,14	0,64	0,57

**Обсуждение результатов.** Анализ полученных результатов вызывает ряд трудностей. Современная нормативная документация не нормирует содержание тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье. Для анализа лекарственного сырья часто пользуются предельно допустимыми концентрациями, принятыми для биологически активных добавок к пище на растительной основе, воспользовались ими и мы [1; 6].

Анализ данных таблицы 1 показывает, что в процессе вегетации горца птичьего происходит постепенное накопление травой растения тяжелых металлов и общей зол. При этом превышение предельно допустимых концентраций, установленных СанПин 2.3.2.1078-01 для чаев на растительной основе, наблюдается лишь для образцов сырья, собранных вблизи автомобильной трассы М4 в завершающий вегетационный период по одному элементу – мышьяку [5]. Химический состав остальных образцов полностью удовлетворяет требованиям действующей нормативной документации, что еще раз доказывает необходимость создания собственной нормативной документации по содержанию тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье. Таким образом, неудовлетворительными по качеству были признаны три из двенадцати образцов.

Аналогичные результаты были получены для образцов сырья листьев подорожника большого (таблица 2). Превышение предельно допустимых концентраций тяжелых металлов, согласно действующей нормативной документации, характерно лишь для листьев подорожника большого, произрастающего вдоль Московской трассы в середине августа:

незначительно превышено содержание мышьяка. Таким образом, неудовлетворительными по качеству могут быть признаны 25% образцов листьев подорожника большого.

Анализ данных таблицы 3, показывает, что трава горца птичьего в процессе вегетации растения интенсивно накапливает никель, кобальт, хром, при этом увеличение содержания этих элементов идет пропорционально экологическому загрязнению территории. Вне зависимости от места сбора лекарственного растительного сырья горца птичьего высокие значения градиентов концентраций наблюдаются для меди, что говорит, по-видимому, о значительном участии этого элемента в физиологических процессах растения. Низкие значения градиента концентраций в траве горца птичьего, произрастающего на всех анализируемых территориях, характерны для мышьяка, что указывает на низкую концентрирующую способность изучаемого растения в отношении этого элемента.

Анализ данных таблицы 4 говорит о высоких темпах накопления листьями подорожника большого никеля и кобальта вне зависимости от места сбора лекарственного растительного сырья, но при этом накопление элементов интенсифицируется пропорционально увеличению антропогенной нагрузки на изучаемую территорию. Несколько ниже, но при этом значительны, темпы роста в процессе вегетации растения концентрации свинца, мышьяка, хрома, причем увеличение содержания этих элементов идет также пропорционально экологическому загрязнению территории: минимальные градиенты концентраций наблюдаются для сырья, собранного в заповеднике, максимальные, резко возрастающие градиенты концентраций характерны для листьев подорожника большого, собранного вдоль Московской трассы. Низкие значения градиента концентраций в листьях подорожника большого, произрастающего на всех анализируемых территориях, характерны для цинка, что указывает на низкую способность накопления этого элемента изучаемым растением.

Анализ средних значений градиентов концентрации тяжелых металлов в разные фазы вегетации для сырья горца птичьего и подорожника большого показывает, что для растений, собранных на экологически чистой территории (Заповедная зона), накопление тяжелых металлов идет наименьшими темпами. На территории умеренного антропогенного воздействия (улица города) накопление тяжелых металлов идет почти в 2 раза интенсивнее. Растения, собранные на территории, подвергающейся сильному антропогенному воздействию (Московская трасса), накапливают тяжелые металлы наиболее интенсивно. На наш взгляд, объяснить это можно поглощением металлов через листовую поверхность из газопылевых выбросов и аэрозолей, которое в свою очередь зависит от степени загрязнения воздушной среды отходами промышленности и транспорта.

Интересные данные получены по изучению динамики накопления ртути – этот элемент абсолютно не накапливается в траве горца птичьего и листьях подорожника большого в заповедной зоне, что говорит о слабом участии его в биологических процессах. Накопление ртути в лекарственном растительном сырье – исключительный результат антропогенного воздействия на окружающую среду, прямо пропорциональный величине этого воздействия.

### Список литературы

1. Гравель И.В. Региональные проблемы экологической оценки лекарственного растительного сырья и фитопрепаратов на примере Алтайского края : дисс. ... докт. фарм. наук. – М., 2005. – 395 с.
2. Касимов Н.С. Геохимические принципы эколого-географической систематики городов / Н.С. Касимов, А.И. Перельман // Экогеохимия городских ландшафтов. – М. : Изд-во МГУ, 1995. – С. 20-36.
3. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : ЦИНАО, 1992. – 62 с.
4. Протасова Н.А. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 12. – С. 32.
5. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы : СанПин 2.3.2.1078-01.
6. Терешкина О.И. Проблема нормирования тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье / О.И. Терешкина [и др.] // Фармация. – 2010. – С. 7-11.

### Рецензенты

Голуб В.Б., доктор биол. наук, профессор кафедры экологии и систематики беспозвоночных ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж.

Козлов А.Т., доктор биол. наук, профессор, зав. кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил (Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина), г. Воронеж.