

Н. А. Дьякова

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ ЦВЕТКОВ ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

N. A. Dyakova

### ECOLOGICAL ASSESSMENT OF MEDICINAL VEGETABLE RAW MATERIALS OF THE VORONEZH REGION ON THE EXAMPLE OF FLOWERS OF A TANSY ORDINARY

**Аннотация.** Цель исследования — изучение загрязнения тяжелыми металлами лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной, собранных в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. Исследование проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на базе атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД по фармакопейным методикам, изучалось накопление тяжелых металлов (свинца, ртути, кадмия, никеля, меди, цинка, кобальта, хрома) и мышьяка в 51 образце цветков пижмы обыкновенной. Все образцы удовлетворяют имеющимся требованиям нормативной документации по содержанию нормируемых тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути) и мышьяка. Сравнивая данные по содержанию тяжелых металлов в верхних слоях почв региона и содержание этих элементов в цветках пижмы обыкновенной, можно утверждать о наличии значительных физиологических барьеров, препятствующих накоплению экотоксикантов в генеративных органах растения, что особенно заметно для таких элементов, как свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, кобальт и хром. Оказалось, пижма обыкновенная способна избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (например, такие как медь и цинк), в том случае, если их содержание в окружающей среде ниже некоторого жизненно важного уровня; при значительном же содержании данных элементов в почвах растение также физиологически блокирует их поступление в цветки. На основании этого можно предполагать, что для пижмы обыкновенной в условиях антропогенной нагрузки происходит формирование эдафотипа, формирующегося в результате действия отбора в условиях техногенного загрязнения внешней среды и проявления адаптации к этим условиям. Результаты исследований показали, что цветки пижмы обыкновенной незначительно накапливают токсические элементы из почв, что важно при планировании мест заготовки лекарственного растительного сырья и оценке его качества.

**Ключевые слова:** Воронежская область; цветки пижмы обыкновенной; тяжелые металлы.

**Abstract.** The article addresses to the problems of contamination by heavy metals of herbal substances in Voronezh Oblast, Russia. The object of the study was *Tanacetum Vulgare* gathered in urban and agro-ecosystems exposed to anthropogenic impact. The research was conducted by atomic absorption spectrophotometric method, using the MGA-915MD atomic absorption spectrometer in accordance with pharmacopoeia method. The study gave consideration to 51 samples of *Tanacetum Vulgare* contaminated by heavy metals (plumbum, mercury, cadmium, nickel, copper, zinc, cobalt, chromium) and arsenic. All samples meet the existing requirements, specified in reference documentation, in regards to norms of contained heavy metals (plumbum, cadmium, mercury) and arsenic. Comparing the data on the content of heavy metals in top soil of the region and the content of these elements in *Tanacetum Vulgare* blossoms, it can be argued that there exist some substantial physiological barriers preventing the plants from accumulation of ecotoxicants in their reproductive organs. It is most noticeable for such elements as plumbum, mercury, cadmium, cobalt and chromium. It appears that *Tanacetum Vulgare* is able to selectively absorb some heavy metals that penetrate into zymophore (e.g., copper and zinc) provided that their environmental content is below vital level. On the contrary, when the content of such elements in top soil was considerable, the plant blocked physiologically their penetration into the blossoms. Thereunder, it is fair to assume for *Tanacetum Vulgare* that, as a result of technological impact, the edaphotype forms and adapts to such environmental conditions. *Tanacetum Vulgare* blossoms accumulate toxic elements from top soil inconsiderably, which is important for procurement planning and assessment of herbal substances quality.

**Key words:** Voronezh oblast; *Tanacetum Vulgare* blossom; heavy metal.

**Сведения об авторе:** Дьякова Нина Алексеевна, ORCID: 0000-0002-0766-3881, канд. биол. наук, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия, Ninochka\_V89@mail.ru

**About the author:** Dyakova Nina Alekseevna, ORCID: 0000-0002-0766-3881, Ph.D., Voronezh State University, Voronezh, Russia, Ninochka\_V89@mail.ru

### Введение

Урбанизация – важнейшая социально-экологическая проблема современного мира [2; 23]. В процессе роста и становления городов природные экосистемы территорий, занимаемых ими и близлежащих к ним, постепенно изменяются, при этом формируются новые антропогенные экосистемы со своими особенностями техногенного воздействия, характеризующегося изменением состава атмосферного воздуха, почв и водных объектов [3; 4].

Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Однако освоение минеральных ресурсов, активная химизация в сельском хозяйстве, последствия Чернобыльской аварии актуализировали вопрос снабжения пищевой промышленности безопасным и эффективным растительным сырьем. Некачественное растительное сырье и получаемые из него продукты являются важными источниками поступления различных экотоксикантов, особенно тяжелых металлов, в организм человека [10; 15; 18; 29].

Цель исследования – изучение загрязнения тяжелыми металлами лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной, собранных в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследования были выбраны цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.). Пижма обыкновенная является многолетним травянистым синантропным растением, произрастающим в Воронежской области повсеместно [8; 9; 30].

Выбор территорий для сбора образцов цветков пижмы обыкновенной обусловлен особенностями воздействия человека (рис. 1, табл. 1): промышленные химические предприятия (рис. 1: 23, 24, 28); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (рис. 1: 27); атомная электростанция (АЭС) (рис. 1: 8); аэропорт (рис. 1: 30); улица г. Воронежа (ул. Ленинградская) (рис. 1: 31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (рис. 1: 9); городское водохранилище (рис. 1: 29); малые города с развитой инфраструктурой (Борисоглебск (рис. 1: 25), Калач (рис. 1: 26)); зона крупного месторождения сульфидных медно-никелевых руд (рис. 1: 4); районы, находящиеся в зоне загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС (рис. 1: 5–7); районы активной сельскохозяйственной деятельности (рис. 1: 10–22); в качестве сравнения (фона) – заповедные территории – Воронежский природный биосферный заповедник (рис. 1: 1), Хоперский государственный природный заповедник (рис. 1: 2, 3). Также проводили отбор верхних слоев почв вдоль и на удалении от дорог разной степени загруженности и в разных природных зонах: лесная зона (Рамонский район) (рис. 1: 32–35) – трасса М4 «Дон»; лесостепная зона (Аннинский район) (рис. 1: 36–39) – трасса А144 «Курск–Саратов»; степная зона (Павловский район) (рис. 1: 40–43) – трасса М4 «Дон», проселочная автомобильная дорога малой загруженности (Богучарский район) (рис. 1: 44–47) и железнодорожные пути (Рамонский район) (рис. 1: 48–51).

Анализ образцов цветков пижмы обыкновенной проводился на аналитическом комплексе на базе атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД по фармакопейным методикам [5, с. 2370–2382; 17, с. 51–85). В образцах определяли концентрацию свинца, мышьяка, ртути, кадмия – эти наиболее токсичные элементы нормируются в растительном сырье и продуктах питания [13, с. 43–47; 14, с. 36–39]. Также изучено содержание в верхних слоях почв никеля, так как в Воронежской области в настоящее время рассматривается проект по добыче никеля открытым способом, что не может не повлиять на эколого-гигиеническую обстановку в регионе, поскольку для данного металла доказаны аллергенная и канцерогенная активность [24–26]. Кроме того в качестве изучаемых были выбраны такие токсичные металлы, как элемент 1 класса опасности – цинк и элементы 2 класса опасности – кобальт, хром и медь. Цинк имеет кумулятивный токсический эффект даже при незначительном его содержании; при отравлении им жалуются на раздражительность, бессонницу, желудочно-кишечное расстройство. Кобальт и его соединения вызывают одышку, токсически действуют на желудочно-кишечный тракт, а также на кожу, вызывая острые дерматиты. Соединения хрома оказывают на организм человека общее токсическое, аллергенное, канцерогенное действие, вызывают дерматиты и экземы при соприкосновении с кожей. Избыток меди приводит к цитотоксическим эффектам, чаще всего к циррозным поражениям печени, возникновению нервно-психических нарушений [27; 28; 31].

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в отобранных образцах цветков пижмы обыкновенной представлено в таблице 1.

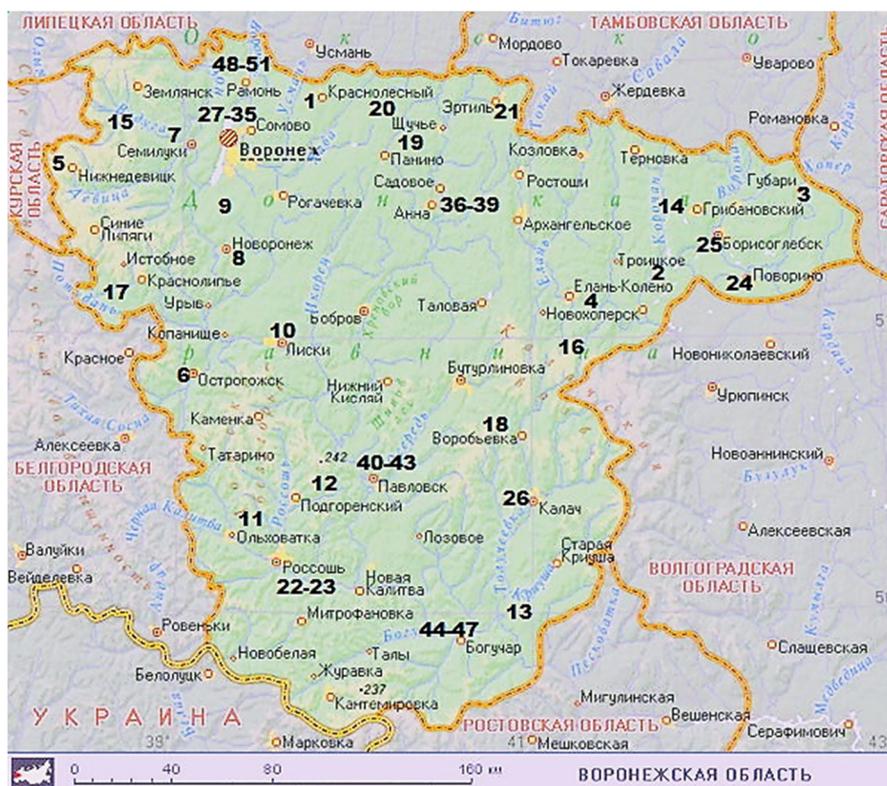


Рис. 1. Карта отбора образцов (цифровые обозначения расшифрованы в тексте)

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в образцах цветков *Tanacetum vulgare* L.

Место заготовки сырья	Концентрация тяжелых металлов, мг/кг								
	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Воронежский биосферный заповедник	0,12	отс.	0,02	0,02	2,02	0,14	0,16	3,74	18,50
Хоперский заповедник	0,10	отс.	0,03	0,03	1,78	0,25	0,16	5,36	19,60
Борисоглебский район	0,11	отс.	0,01	0,03	1,49	0,06	0,24	4,65	24,10
с. Елань-Колено	0,13	0,002	0,04	0,07	2,75	0,15	0,29	7,48	20,25
с. Нижнедевицк	0,17	отс.	0,02	0,03	2,19	0,19	0,17	8,58	25,26
г. Острогожск	0,14	0,003	0,02	0,07	2,71	0,11	0,26	9,60	27,59
г. Семилуки	0,17	0,002	0,04	0,06	1,93	0,43	0,20	9,85	25,75
г. Нововоронеж	0,12	0,003	0,01	0,09	1,69	0,37	0,11	3,40	19,50
ВЛЭ (Нововоронежский городской округ)	0,18	0,002	0,03	0,05	2,25	0,25	0,17	4,32	26,31
Лискинский р-н	0,19	0,003	0,03	0,08	1,82	0,33	0,29	8,52	18,40
Ольховатский р-н	0,12	отс.	0,02	0,09	1,79	0,29	0,19	6,53	20,11
Подгоренский р-н	0,20	отс.	0,03	0,05	2,37	0,18	0,30	8,50	19,53
Петропавловский р-н	0,18	0,003	0,04	0,04	2,12	0,27	0,15	9,13	22,50
Грибановский р-н	0,22	0,003	0,04	0,10	2,02	0,41	0,31	7,60	25,15
Хохольский р-н	0,18	отс.	0,03	0,02	1,84	0,19	0,21	8,31	25,91
Новохоперский р-н	0,20	0,003	0,04	0,06	2,12	0,20	0,24	5,89	19,36
Репьевский р-н	0,20	отс.	0,03	0,05	2,04	0,37	0,19	6,68	22,63
Воробьевский р-н	0,16	отс.	0,02	0,06	2,13	0,19	0,15	9,58	20,18
Панинский р-н	0,10	0,002	0,03	0,11	1,94	0,29	0,12	4,65	25,80
Верхнехавский р-н	0,18	0,003	0,04	0,09	1,85	0,32	0,19	8,42	19,37
г. Эртиль	0,17	0,002	0,02	0,07	1,78	0,41	0,20	6,79	24,91
Россошанский район	0,13	отс.	0,02	0,05	2,57	0,24	0,32	8,20	20,03
Вблизи ОАО «Минудобрения» (г. Россошь)	0,14	0,003	0,07	0,04	3,48	0,64	0,43	10,64	55,72
Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино)	0,33	0,003	0,08	0,04	4,07	0,48	0,46	9,42	42,60

Окончание таблицы 1

г. Борисоглебск	0,17	0,003	0,06	0,03	2,22	0,52	0,32	8,49	33,08
г. Калач	0,20	0,003	0,05	0,09	3,60	0,63	0,39	8,70	40,90
Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж)	0,19	0,003	0,06	0,04	1,76	0,87	0,53	9,52	41,72
Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж)	0,18	0,002	0,03	0,04	1,68	0,59	0,50	10,15	48,94
Вдоль водохранилища (г. Воронеж)	0,22	отс.	0,04	0,03	2,49	0,35	0,19	5,19	24,81
Вблизи аэропорта	0,30	0,003	0,05	0,09	2,94	0,60	0,38	10,63	21,95
Ул. Ленинградская (г. Воронеж)	0,25	0,002	0,06	0,07	3,07	0,92	0,58	11,54	53,20
Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н)	0,27	0,002	0,07	0,10	3,72	0,85	0,53	13,92	45,83
100 м от М4 (Рамонский р-н)	0,25	0,003	0,07	0,06	3,34	0,78	0,48	10,64	31,70
200 м от М4 (Рамонский р-н)	0,19	0,003	0,04	0,03	2,52	0,51	0,22	8,27	21,96
300 м от М4 (Рамонский р-н)	0,19	0,003	0,04	0,03	2,05	0,43	0,22	8,05	25,80
Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н)	0,25	0,002	0,05	0,09	3,85	0,94	0,53	12,84	40,40
100 м от А144 (Аннинский р-н)	0,22	0,003	0,05	0,06	3,03	0,74	0,42	10,99	31,75
200 м от А144 (Аннинский р-н)	0,20	0,003	0,03	0,04	2,73	0,63	0,38	9,42	29,60
300 м от А144 (Аннинский р-н)	0,17	0,003	0,03	0,02	2,01	0,59	0,30	7,49	28,00
Вдоль трассы М4 (Павловский р-н)	0,27	0,003	0,06	0,06	2,85	0,83	0,48	10,97	42,07
100 м от М4 (Павловский р-н)	0,24	0,003	0,05	0,06	2,71	0,63	0,44	11,37	40,06
200 м от М4 (Павловский р-н)	0,21	0,003	0,04	0,03	2,23	0,62	0,46	8,50	36,62
300 м от М4 (Павловский р-н)	0,20	0,003	0,04	0,02	1,72	0,62	0,39	8,36	25,74
Вдоль нескоростной дороги (Богучарский р-н)	0,17	0,003	0,03	0,04	2,14	0,35	0,34	8,99	32,08
100 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н)	0,16	отс.	0,03	0,04	1,93	0,29	0,32	7,98	30,96
200 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н)	0,16	отс.	0,02	0,02	1,72	0,25	0,33	8,26	27,63
300 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н)	0,16	отс.	0,02	0,02	1,75	0,24	0,32	7,33	23,71
Вдоль железной дороги	0,25	0,002	0,03	0,12	2,85	0,84	0,58	12,80	49,04
100 м от железной дороги	0,19	0,003	0,03	0,10	2,73	0,64	0,38	9,52	32,10
200 м от железной дороги	0,14	0,003	0,02	0,07	2,01	0,38	0,32	8,10	26,09
300 м от железной дороги	0,14	0,002	0,02	0,04	2,00	0,27	0,34	8,35	23,57
Среднее значение	0,18	0,002	0,04	0,06	2,31	2,91	1,03	13,85	48,60
ПДК	6,0	0,1	1,0	0,5	-	-	-	-	-

### Результаты исследования и их обсуждение

Концентрация свинца, кадмия, ртути и мышьяка в цветках пижмы обыкновенной не превысила предельно допустимых концентраций и оценивается крайне незначительно. Так, свинец в изучаемых образцах содержался в концентрации от 0,10 до 0,30 мг/кг, при этом его среднее содержание в почвах региона превышает указанные концентрации более чем в 30 раз [7]. Аналогичная картина наблюдается и для мышьяка: его содержание в отобранных цветках пижмы обыкновенной варьировало от 0,02 мг/кг до 0,12 мг/кг, при этом его содержание в верхних слоях почв Воронежской области фиксировалось в диапазоне 0,55–3,81 мг/кг [7], что также в десятки раз превышает содержание токсичного элемента в сырье. Концентрация ртути в цветках пижмы обыкновенной в отобранных образцах находилась в диапазоне от 0 (ниже предела определения) до 0,003 мг/кг, что более чем в 20 раз меньше содержания элемента в почве [7]. Кадмий содержался в изучаемых образцах сырья в концентрации от 0,01 до 0,07 мг/кг, что также значительно меньше концентраций кадмия в верхних слоях почв региона, которые отмечаются на уровне 0,02–0,71 мг/кг [7]. Объяснить такое низкое накопление данных элементов, для которых широко описаны мутагенные и канцерогенные свойства, можно, по-видимому, наличием в растительном организме барьерных механизмов защиты транспорта токсикантов в ткани цветка, в котором протекает мейоз и образуются половые клетки [12; 16; 20–22].

Аналогичная картина отмечается по накоплению хрома и кобальта в цветках пижмы обыкновенной. Концентрация хрома в образцах варьирует от 0,06 до 0,94 мг/кг, а кобальта – от 0,11 до 0,58 мг/кг, при этом отличия в содержании данных элементов в образцах с территорий со значительной антропогенной нагрузкой и в контрольных (заповедных) образцах незначительны. Концентрация кобальта в верхних слоях почв исследуемых районов варьирует от 1,84 до 21,78 мг/кг, а содержание хрома – от 2,53 до 45,16 мг/кг, что в несколько десятков раз больше содержания данных элементов в изучаемом

сырье [6; 7]. Очевидно, их накоплению также препятствуют некоторые барьерные механизмы, защищающие ткани цветка от воздействия тяжелых металлов, способных оказать влияние на процесс размножения [1; 16].

Концентрация никеля в цветках пижмы обыкновенной имеет достаточно высокие значения в сравнении с другими элементами. Его содержание в среднем составляет 2,31, при этом варьирует от 1,69 до 4,07 мг/кг. Среднее содержание никеля в верхних слоях почв данных районов – 13,07 мг/кг [7]. То есть данный элемент также неактивно накапливается в цветках пижмы обыкновенной, вероятно, в результате наличия биохимического барьера, препятствующего избыточному концентрированию металла, однако, в сравнении с другими элементами (хром, кобальт и др.), уровень содержания никеля в цветках пижмы гораздо выше. Возможно, это связано с неспецифическим действием данного тяжелого металла на ряд ферментов, в том числе стимулирующих синтез флавоноидов, источником которых и являются цветки пижмы обыкновенной [11; 16; 26].

Содержание меди в цветках пижмы обыкновенной варьирует в диапазоне от 3,40 до 12,84 мг. Сравнивая эти данные с содержанием меди в верхних слоях почв соответствующих территорий [7], видим, что при низком содержании элемента в почве медь накапливается в цветках пижмы, даже в концентрациях, превышающих содержание ее в почве, что указывает на важную биохимическую роль элемента в тканях цветка (медь входит в состав многих оксидаз, регулирует большинство окислительно-восстановительных процессов) [16; 19; 31]. При значительном содержании меди в верхних слоях почв и даже превышающем предельно допустимые концентрации, сырье с соответствующих территорий не накапливает данный металл, его уровень колеблется в районе 8–12 мг/кг, что, по-видимому, является физиологической нормой для цветков пижмы обыкновенной.

Цинк содержался в изучаемых образцах цветков пижмы обыкновенной в концентрации от 18,50 до 49,04 мг/кг. Сравнивая полученные значения с данными по почвам [7], можно также отметить накопление элемента в концентрациях, превышающих содержание в верхних слоях почв, для районов, обедненных цинком (отмечено для контрольных территорий), что можно связать с важной биохимической ролью цинка (входит в состав ряда ферментов – РНК-полимеразы, карбоангидразы, дегидрогеназы и др., а также активирует такие ферменты как изомераза, трансфосфорилаза, дегидрогеназа, альдолаза) [6; 16; 21; 31]. При этом сырье, произрастающее на почвах, загрязненных данным металлом, накапливало цинк в значительно меньшей степени (в 2–3 раза меньше, чем его содержалось в почве), что, вероятно, также связано с наличием физиологического барьера.

#### Заключение

Конкретный вид растения может служить в биоиндикационных целях. Были проанализированы свыше 50 образцов цветков пижмы обыкновенной, собранных в различных по уровню антропогенного воздействия районах Воронежской области, на предмет содержания тяжелых металлов и мышьяка. Все исследуемые образцы оказались соответствующими требованиям нормативной документации. Сравнивая данные по содержанию тяжелых металлов в верхних слоях почв региона и содержание этих элементов в цветках пижмы обыкновенной, можно утверждать о наличии значительных физиологических барьеров, препятствующих накоплению экотоксикантов в генеративных органах *Tanacetum vulgare* L., что особенно заметно для таких элементов, как свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, кобальт и хром. Оказалось, пижма обыкновенная способна избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (например, такие как медь и цинк), в том случае, если их содержание в окружающей среде ниже некоторого жизненно важного уровня; при значительном же содержании данных элементов в почвах растение также физиологически блокировало их поступление в цветки. На основании этого можно предполагать, что для пижмы обыкновенной в условиях антропогенной нагрузки происходит формирование эдафотипа, формирующегося в результате действия отбора в условиях техногенного загрязнения внешней среды и проявления адаптации к этим условиям. Результаты исследований показали, что цветки пижмы обыкновенной незначительно накапливают токсические элементы из почв, что важно при планировании мест заготовки лекарственного растительного сырья и оценке его качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бамбаева Е. Н., Даваева Ц. Д., Сангаджиева О. С., Сангаджиева Л. Х., Мучкинова Р. В. Экологический анализ химического состава почв и растений балок Ергеней // Астраханский вестник экологического образования. 2019. № 1(49). С. 79–86.
2. Битюкова В. Р., Касимов Н. С., Власов Д. В. Экологический портрет российских городов // Экология и промышленность России. 2011. № 4. С. 6–18.

3. Великанова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И. Анализ экологического состояния почв и оценка поглощения тяжелых металлов лекарственными растениями (горцем птичьим и подорожником большим) в городе Воронеже и его окрестностях // Экология урбанизированных территорий. 2012. № 4. С. 102–106.
4. Великанова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа. Lambert Academic Publishing. 2013.
5. Государственная фармакопея Российской Федерации. М.: ФЭМБ, 2018. Т. 2.
6. Мындра А. А., Дьякова Н. А., Кукуева Л. Л., Великанова Л. А. Особенности загрязнения почв Центрального Черноземья тяжелыми металлами // Сельскохозяйственный журнал. 2016. № 9. С. 391–395.
7. Дьякова Н. А., Самылина И. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П., Кукуева Л. Л., Мындра А. А., Шушунова Т. Г. Оценка экологического состояния образцов верхних слоев почв и корней одуванчика лекарственного, отобранных на территории Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2016. № 2. С. 119–126.
8. Дьякова Н. А. Особенности накопления природных и техногенных радионуклидов цветками пижмы обыкновенной из почв // Пища. Экология. Качество: Сб. тр. конф. Новосибирск, 2017. С. 200–205.
9. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П. Сравнение особенностей накопления основных токсических элементов цветками липы сердцевидной и пижмы обыкновенной // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. № 1. С. 148–154.
10. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П. Оценка эффективности и безопасности лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018. № 1. С. 172–179.
11. Елагина Д. С., Архипова Н. С., Сибгатуллина М. Ш., Рязанов С. С. Содержание тяжелых металлов в горце птичьим и пижме обыкновенной в условиях урбанизированных территорий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. № 1. С. 57–66.
12. Зайцева М. В., Кравченко А. Л., Стекольников Ю. А., Сотников Б. А. Тяжелые металлы в системе почва–растение в условиях загрязнения // Ученые записки Орловского государственного университета. 2013. № 3(53). С. 190–192.
13. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1991.
14. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989.
15. Минкина Т. М. и др. Влияние аэротехногенных выбросов на содержание тяжелых металлов в травянистых растениях Нижнего Дона // Почвоведение. 2017. № 6. С. 759–768. <https://doi.org/10.7868/80032180X17060077>
16. Немерешина О. Н. Гусев Н. Ф., Петрова Г. В., Шайхутдинова А. А. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжелыми металлами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. Т. 33. № 1-1. С. 230–234.
17. Обухов А. И. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. М., 1991.
18. Осипова Н. А., Языков Е. Г., Янкович Е. П. Тяжелые металлы в почве и овощах как фактор риска для здоровья человека // Фундаментальные исследования. 2013. Т. 3. № 8. С. 681–686.
19. Попп Я. И., Бокова Т. И. Содержание меди в лекарственных растениях, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 3(23). С. 100–107.
20. Попп Я. И., Бокова Т. И. Содержание кадмия в лекарственных растениях, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 3(126). С. 105–113.
21. Попп Я. И., Бокова Т. И. Содержание цинка, меди и кадмия в различных видах лекарственных растений, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2017. № 1. С. 84–92.
22. Семенова И. Н., Сингизова Г. Ш., Зулкарнаев А. Б., Ильбулова Г. Ш. Влияние меди и свинца на рост и развитие растений на примере *Anethum graveolens* L. // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. С. 588–588.
23. Таирова А. Р., Кузнецов А. И. Химические элементы в биосфере // Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 10. С. 116–116.
24. Alekseenko V., Alekseenko A. The abundances of chemical elements in urban soils // Journal of Geochemical Exploration. 2014. Vol. 147. P. 245–249. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.08.003>
25. Alekseenko V. A., Laverov N. P., Alekseenko A. V. The Clarke numbers of chemical elements in the urban landscapes soils // Ecologica. 2012. V. 65. P. 3–9.
26. Austenfeld F. A. Zur Phytotoxizität von Nickel-und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L // Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 1979. Vol. 142. № 6. P. 786–791. <https://doi.org/10.1002/jpln.19791420604>
27. Buszewski B., Jastrzębska A., Kowalkowski T., Górna-Binkul A. Monitoring of selected heavy metals uptake by plants and soils in the area of Toruń, Poland // Pol. J. Environ. Stud. 2000. Vol. 9. № 6. P. 511–515.
28. Cataldo D. A., Wildung R. E. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants // Environmental Health Perspectives. 1978. Vol. 27. P. 149–159. <https://doi.org/10.1289/ehp.7827149>
29. D'yakova N. A., Samylyna I. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P., Myndra A. A. Estimated heavy-metal and arsenic contents in medicinal plant raw materials of the Voronezh region // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2018. Vol. 52. № 3. P. 220–223. <https://doi.org/10.1007/s11094-018-1797-2>
30. Hordiei K. R., Gontova T. M., Zolotaikina M. Y. The study on the elemental composition of the feverfew herb (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz bip.) // News of Pharmacy. 2018. № 3(95). P. 25–29. <https://doi.org/10.24959/nphj.18.2216>
31. Schützendubel A., Polle A. Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization // Journal of experimental botany. 2002. Vol. 53. № 372. P. 1351–1365. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1351>

## REFERENCES

1. Bambaeva, E. N., Davaeva, C. D., Sangadzhieva, O. S., Sangadzhieva, L. Kh., & Muchkinova, R. V. (2019). Ekologicheskii analiz khimicheskogo sostava pochv i rastenii balok Ergenei [Ecological analysis of the Chemical composition of Soils and Plants beams Yergeni]. *Astrakhan Bulletin for Environmental Education*, 1(49), 79-86. (In Russian)
2. Bitukova, V. R., Kasimov, N. S., & Vlasov, D. V. (2011). Ekologicheskii portret rossiiskikh gorodov. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, (4), 6-18. (In Russian)
3. Velikanova, N. A., Gaponov, S. P., & Slivkin, A. I. (2012). Analiz ekologicheskogo sostoyaniya pochv i otsenka pogloshcheniya tyazhelykh metallov lekarstvennymi rasteniyami (gortsem ptich'im i podorozhnikom bol'shim) v gorode Voronezhe i ego okrestnostyakh [Analysis of the ecological condition of soils and assessment of absorption of heavy metals by medical plants (*Polygonum aviculare* and *Plantago major*) in the city of Voronezh and its suburbs]. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii [Ecology of Urban areas]*, (4), 102-106. (In Russian)
4. Velikanova, N. A., Gaponov, S. P., Slivkin, A. I. (2013). Ekootsenka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya v urbousloviyakh g. Voronezha. Lambert Academic Publishing. (In Russian)
5. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii. (2018). Moscow. (In Russian)
6. Myndra, A. A., D'yakova, N. A., Kukueva, L. L., & Velikanova, L. A. (2016). Osobennosti zagryazneniya pochv Tsentral'nogo Chernozem'ya tyazhelymi metallami [Features of soils pollution of the central chernozem region with heavy metals]. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal [Agricultural Journal]*, 1(9), 391-395. (In Russian)
7. Dyakova, N. A., Samylina, I. A., Slivkin, A. I., Gaponov, S. P., Kukuev, L. L., Myndra, A. A., & Shushunova, T. G. (2016). Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya obraztsov verkhnikh sloev pochv i kornei oduvanchika lekarstvennogo, otobrannykh na territorii Voronezhskoi oblasti. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, (2), 119-126. (In Russian)
8. Dyakova, N. A. (2017). Osobennosti nakopleniya prirodnykh i tekhnogennykh radionuklidov tsvetkami pizhmy obyknovnoy iz pochv [Features of accumulation of natural and technogenic radionuclides flowers of pizhma ordinary of soils]. *Pishcha. Ekologiya. Kachestvo: sbornik trudov konferentsii. Novosibirsk*, 200-205. (In Russian)
9. Dyakova, N. A., Slivkin, A. I., & Gaponov, S. P. (2017). Sravnenie osobennostei nakopleniya osnovnykh toksicheskikh elementov tsvetkami lipy serdtsevidnoi i pizhmy obyknovnoy. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, (1), 148-154. (In Russian)
10. Dyakova, N. A., Slivkin, A. I., & Gaponov, S. P. (2018). Otsenka effektivnosti i bezopasnosti lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya podorozhnik bol'shogo, sobrannogo v Tsentral'nom Chernozem'e [Assessment of efficiency and safety of medicinal vegetable raw materials of the *Plantago major*, collected in the central black earth]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, (1), 172-179. (In Russian)
11. Elagina, D. S., Arkhipova, N. S., Sibgatullina, M. Sh., & Ryazanov, S. S. (2017). Soderzhanie tyazhelykh metallov v gortse ptich'em i pizhme obyknovnoy v usloviyakh urbanizirovannykh territorii [Content of heavy metals in knot grass (*Polygonum aviculare* L.) and ginger plant (*Tanacetum vulgare* L.) under urban land conditions]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, (1), 57-66. (In Russian)
12. Zaytseva, M. V., Kravchenko, A. L., Stekolnikov, Yu. A., & Sotnikov, B. A. (2013). Heavy metals in soil a plant in pollution. *Scientific notes of Orel State University*, 3(53), 190-192. (In Russian)
13. Ilin, V. B. (1991). Tyazhelye metally v sisteme pochva – rastenie. Novosibirsk. (In Russian)
14. Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (1989). Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh. Moscow. (In Russian)
15. Minkina, T. M., Mandzhieva, S. S., Chaplygin, V. A., Burachevskaya, M. V., Bauer, T. V., Sushkova, S. N., Nevdomskaya, D. G., & Motuzova, G. V. (2017). Vliyanie aerotekhnogennykh vybrosov na sodержanie tyazhelykh metallov v travyanistykh rasteniyakh Nizhnego Dona [Effect of aerotechnogenic emissions on the content of heavy metals in herbaceous plants of the Lower Don region]. *Eurasian Soil Science*, 6(50), 746-755. <https://doi.org/10.7868/80032180X17060077> (In Russian)
16. Nemereshina, O. N., Gusev, N. F., Petrova, G. V., & Shaikhutdinova, A. A. (2012). Some aspects of *Polygonum aviculare* L. adaptation to soil contamination with heavy metals. *Scientific notes of Orel State University*, 1(33), 230-234. (In Russian)
17. Obukhov, A. I. (1991). Atomno-absorbtsionnyi analiz v pochvenno-biologicheskikh issledovaniyakh. Moscow. (In Russian)
18. Osipova, N. A., Yazikov, E. G., & Yankovich, E. P. (2013). Tyazhelye metally v pochve i ovoshchakh kak faktor riska dlya zdorov'ya cheloveka [Heavy metals in soil and vegetables as a risk factor for health of consumers]. *Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research]*, 3(8), 681-686. (In Russian)
19. Popp, Ya. I., & Bokova, T. I. (2016). Soderzhanie medi v lekarstvennykh rasteniyakh, proizrastayushchikh v poimakh rek Irtysha i Obi [Cu content in medicinal plants growing in the floodplains of the rivers Irtysh and Ob]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Omsk State Agrarian University]*, 3(23), 100-107. (In Russian)
20. Popp, Y. I., & Bokova, T. I. (2017). The content of Cd in medicinal plants growing in the floodplains of the Rivers Irtysh and Ob. *The Bulletin of KrasGAU*, 3(126), 105-113. (In Russian)
21. Popp, Ya. I., & Bokova, T. I. (2017). Soderzhanie tsinka, medi i kadmiya v razlichnykh vidakh lekarstvennykh rastenii, proizrastayushchikh v poimakh rek Irtysha i Obi [Concentration of zinc, cuprum and cadmium in different types of medical plants growing in the Irtysh and Ob floodplains]. *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet) [Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)]*, (1), 84-92. (In Russian)
22. Semenova, I. N., Singizova, G. Sh., Zulkaranaev, A. B., & Ilbulova, G. Sh. (2015). Vliyanie medi i svintsa na rost i razvitiye rastenii na primere *Anethum graveolens* L. [Effects of copper and lead to growth and development of plants for example *Ane-*

*thum graveolens* L.]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], (3), 588-588. (In Russian)

23. Tairova, A. R., & Kuznetsov, A. I. (2010). Khimicheskie elementy v biosfere. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, (10), 116-116. (In Russian)

24. Alekseenko, V., & Alekseenko, A. (2014). The abundances of chemical elements in urban soils. *Journal of Geochemical Exploration*, 147, 245-249. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.08.003>

25. Alekseenko, V. A., Laverov, N. P., & Alekseenko, A. V. (2012). The Clarke numbers of chemical elements in the urban landscapes soils. *Ecologica*, 65, 3-9.

26. Austenfeld, F. A. (1979). Zur Phytotoxizität von Nickel-und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 142(6), 786-791. <https://doi.org/10.1002/jpln.19791420604>

27. Buszewski, B., Jastrzębska, A., Kowalkowski, T., & Górna-Binkul, A. (2000). Monitoring of selected heavy metals uptake by plants and soils in the area of Toruń, Poland. *Pol. J. Environ. Stud*, 9(6), 511-515.

28. Cataldo, D. A., & Wildung, R. E. (1978). Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants. *Environmental Health Perspectives*, 27, 149-159. <https://doi.org/10.1289/ehp.7827149>

29. D'yakova, N. A., Samylina, I. A., Slivkin, A. I., Gaponov, S. P., & Myndra, A. A. (2018). Estimated heavy-metal and arsenic contents in medicinal plant raw materials of the Voronezh region. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 52(3), 220-223. <https://doi.org/10.1007/s11094-018-1797-2>

30. Hordiei, K. R., Gontova, T. M., & Zolotaikina, M. Y. (2018). The study on the elemental composition of the feverfew herb (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz bip.). *News of Pharmacy*, 3(95), 25-29. <https://doi.org/10.24959/nphj.18.2216>

31. Schützendubel, A., & Polle, A. (2002). Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. *Journal of experimental botany*, 53(372), 1351-1365. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1351>

---

Дьякова Н. А. Экологическая оценка лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 19–26. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/04>

Dyakova, N. A. (2020). Ecological assessment of medicinal vegetable raw materials of the Voronezh region on the example of flowers of a tansy ordinary. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1), 19–26. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/04> (In Russian)

---

дата поступления: 02 июля 2019 г

дата принятия: 29 октября 2019 г.

© Дьякова Н.А.