

УДК 615.32

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ

Каманина И.З., Каплина С.П., Салихова Ф.С.

Государственный университет «Дубна», Дубна, e-mail: sv_kap@mail.ru

Работа посвящена изучению содержания тяжелых металлов (кадмий, никель, свинец, медь и цинк) в лекарственном растительном сырье, собранном в окрестностях г. Дубны и приобретенных в аптечной сети города. Исследовали 7 видов лекарственных растений: иван-чай узколистый (*Chamerion angustifolium L. Holub*), кровохлёбка лекарственная (*Sanguisorba officinalis L.*), липа сердцевидная (*Tilia cordata Mill*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium L.*), таволга вязолистная (*Filipendula ulmifria L. Maxim*), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum L.*), крапива двудомная (*Urtica dioica L.*). Разложение растительных образцов осуществлялось с помощью микроволновой системы пробоподготовки МС-6. Содержание тяжелых металлов в составе лекарственных растений определяли с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии. В работе показано, что содержание токсичных тяжелых металлов (кадмий, свинец) в образцах лекарственных растений, собранных в окрестностях г. Дубны, не превышает предельно допустимые концентрации тяжелых металлов для лекарственного растительного сырья. Среднее содержание свинца, кадмия, цинка, меди и никеля в составе лекарственных растений в окрестностях г. Дубны значительно ниже усредненных значений для растительности на незагрязненных почвах. Наименьшее содержание в лекарственном растительном сырье отмечается для кадмия и свинца.

Ключевые слова: лекарственные растения, тяжелые металлы, атомная абсорбция, город

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN MEDICINAL PLANTS

Kamanina I.Z., Kaplina S.P., Salikhova F.S.

State University «Dubna», Dubna, e-mail: sv_kap@mail.ru

This work is devoted to the study of the content of heavy metals (cadmium, Nickel, lead, copper and zinc) in medicinal plant raw materials collected in the vicinity of Dubna and purchased in the pharmacy network of the city. Seven species of medicinal plants were investigated: fireweed angustifolium (*Chamerion angustifolium L. Holub*), Krovohlebki drug (*Sanguisorba officinalis L.*), common Lime (*Tilia cordata Mill*), Yarrow (*Achillea millefolium L.*), Meadowsweet (*Filipendula ulmifria L. Maxim*), Hypericum perforatum (*Hypericum perforatum L.*), stinging Nettle (*Urtica dioica L.*). Decomposition of plant samples was carried out using the microwave sample preparation system MS – 6. The content of heavy metals in the composition of medicinal plants was determined by atomic absorption spectrometry. It is shown that in the samples of medicinal plants collected in the vicinity of Dubna, the content of toxic heavy metals (cadmium, lead) does not exceed the maximum permissible concentration of heavy metals for medicinal plant raw materials. The average content of lead, cadmium, zinc, copper and Nickel in medicinal plants in the vicinity of Dubna is much lower than the average values for vegetation on uncontaminated soils. The lowest content in medicinal plant raw materials is noted for cadmium and lead.

Keywords: medicinal plants, heavy metals, atomic absorption, urban area

Полезные свойства лекарственных растений во многом связаны с содержанием в их составе макро- и микроэлементов, играющих важную роль в жизнедеятельности живых организмов. Одна из причин положительного эффекта применения лекарственных растений в лечении человека и животных связана с наличием в их составе макро- и микроэлементов в наиболее доступной и усвояемой форме и в составе соединений, свойственных живой природе. Накопление макро- и микроэлементов в лекарственных растениях во многом зависит от экологических условий местообитания [1–3]. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами приводит к накоплению их в лекарственных растениях [4–6], что оказывает негативное воздействие на качество заготавливаемого сырья, поскольку поллютанты часто выступают в роли ингибиторов биохимических процессов, благодаря которым происходит образование различных органических соединений, в том числе биологически актив-

ных веществ. Кроме того, тяжелые металлы, поступающие с лекарственным сырьем в организм человека, могут взаимодействовать с белками, нуклеиновыми кислотами и другими молекулами, изменять активность ферментов, нарушать их биологические и транспортные свойства. В результате, вместо положительного эффекта, обогащенные тяжелыми металлами лекарственные растения могут принести вред.

Химический состав растений в значительной степени определяется содержанием тяжелых металлов в почвах, физико-химическими свойствами почв, такими как pH, гранулометрический состав, содержание органического вещества и другими, определяющими степень их доступности растениям, интенсивностью антропогенной нагрузки, а также видовыми особенностями растений, их возрастом и физиологической ролью тяжелых металлов [1]. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки проблема экологической чистоты лекар-

ственных растений становится особенно актуальной и требует повышения контроля над качеством растительного сырья с учётом загрязнения тяжёлыми металлами. Данному вопросу посвящены работы многих авторов [3, 7, 8]. В то же время актуальным остается контроль качества лекарственного растительного сырья, собранного в относительно чистых местах, не испытывающих техногенной нагрузки.

Цель настоящей работы: определить содержание тяжелых металлов 1-го и 2-го классов опасности (свинца, кадмия, цинка, меди и никеля) в составе лекарственного растительного сырья.

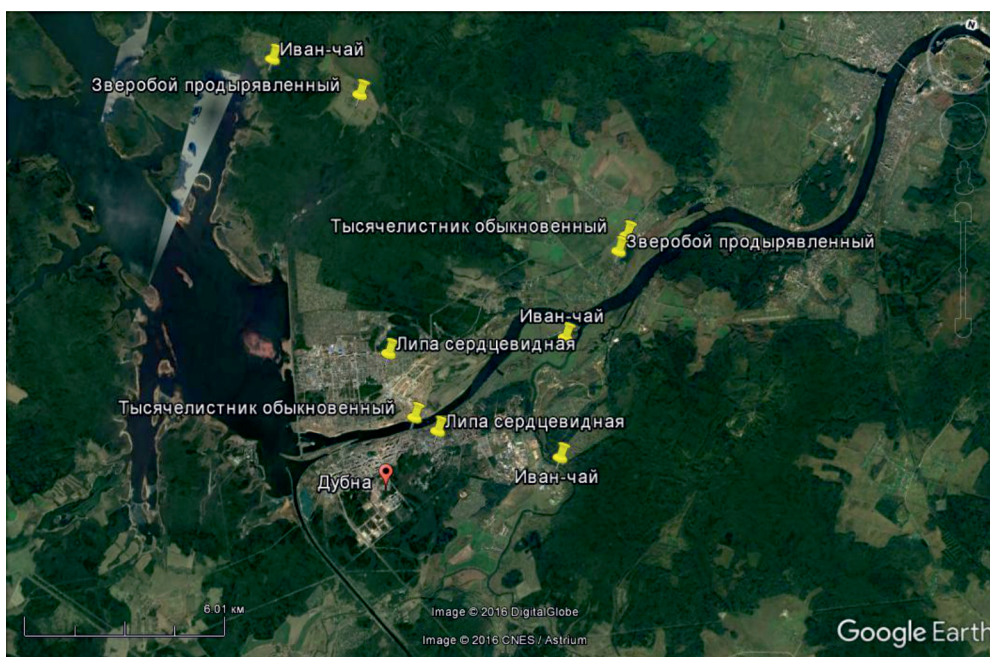
Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были взяты лекарственные растения, собранные в окрестностях г. Дубны Московской области (рис. 1), а также приобретенные в аптечной сети. Лекарственные растения отбирались на естественных участках, не испытывающих антропогенной нагрузки. Почвы в местах сбора лекарственных растений сформированы на древнеаллювиальных и флювиогляциальных отложениях и характеризуются низким содержанием микроэлементов [9]. Всего было исследовано 7 различных видов лекарственных растений: иван-чай узколистный (*Chamerion angustifolium* L. *Holub*), кровохлёбка лекарственная (*Sanguisorba officinalis* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill),

тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* L. *Maxim.*), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.).

Пробоподготовку анализируемого растительного материала проводили в трехкратной повторности для каждой партии исследуемого сырья. Разложение растительных образцов осуществлялось с помощью микроволновой системы пробоподготовки МС-6. Данная система предназначена для разложения проб пищевых продуктов, продовольственного сырья, почв, биологических жидкостей и т.п. Навеска предварительно высушенного растительного материала измельчалась в фарфоровой ступке. Затем навеска взвешивалась на аналитических весах (около 0,2 г) и помещалась во фторопластовый контейнер для микроволновой системы. В контейнер с пробой добавляли концентрированную азотную кислоту (HNO_3) 4 мл в качестве реагента и оставляли на 15 мин для протекания реакции. Контейнеры с пробами перемещались в микроволновую систему.

Разложение пробы проводилось в 2 шага: первый шаг при температуре 150°C, давлении 18 атм 4 минуты, второй шаг при температуре 180°C, давлении 24 атм 4 минуты. Разложенные пробы переносились в рабочий сосуд. Далее пробы фильтровали в мерные колбы на 50 мл и доводили до метки дистиллированной водой.



Картограмма мест сбора растений в окрестностях г. Дубны Московской области

Образцы были проанализированы на содержание свинца, кадмия, цинка, меди и никеля с помощью атомно-абсорбционного спектрометра Квант-2А на лабораторной базе кафедры экологии и наук о Земле государственного университета «Дубна». Всего было проанализировано 19 образцов.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящий момент не существует утвержденных нормативов, регламентирующих содержание тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье [10, 11]. В связи с этим для оценки уровня содержания тяжелых металлов нами были использованы предельно допустимые концентрации (ПДК), приведенные в методике определения содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах [12]. В данной методике из исследованных нами тяжелых металлов предложены ПДК для свинца и кадмия. В связи с отсутствием нормативной базы некоторые авторы [13] указывают в качестве наиболее близкого эталона ПДК для лекарственного растительного сырья ПДК, установленные для сухих овощей и фруктов [14].

Средняя концентрация тяжелых металлов в исследованных лекарственных растениях представлена в таблице. Результаты исследований показали, что содержание токсичных элементов, таких как кадмий и свинец, в образцах не превышает ПДК по тяжелым металлам, предложенные Государственной Фармакопеей [12]. Вместе с тем обращает на себя внимание тот факт, что у большинства исследованных растений содержание свинца, кадмия, меди и цинка превышает ПДК для сухих овощей и фруктов, что ставит под сомнение правомерность такого сравнения.

Содержание свинца варьирует от 0,32 до 3,15 мг/кг, что не превышает предельно допустимую концентрацию по тяжелым металлам для лекарственного растительного сырья [12]. По мнению авторов [1], в природных условиях свинец присутствует во всех растениях, при этом его роль в метаболизме не установлена. Свинец был обнаружен только в половине исследованных лекарственных растений, во всех образцах лекарственных растений, кроме липы узколистной, приобретенных в аптечной сети, и в двух образцах лекарственных растений из окрестностей Дубны (иван-чай узколистый (*Chamerion angustifolium L. Holub*) и таволга вязолистная (*Filipendula ulmifolia L. Maxim.*). По данным [2] среднее содержание свинца в растениях на незагрязненных

почвах составляет 4,1 мг/кг сухой массы, средняя величина для надземной части трав составляет 1,5 мг/кг. Высокое содержание свинца (3,15 мг/кг), но не превышающее средних значений в растениях на незагрязненных почвах наблюдалось в образце иван-чая узколистного из аптечной сети (таблица). Ни в одном образце липы сердцевидной свинец обнаружен не был.

Кадмий, как и свинец, находится ниже предела обнаружения почти в половине исследованных образцов лекарственных растений. Высокие концентрации кадмия на уровне ПДК для лекарственного растительного сырья были обнаружены нами в некоторых лекарственных растениях из аптечной сети. Это зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum L.*) – 1,01 мг/кг, тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium L.*) – 1,02 мг/кг. Повышенные концентрации кадмия, от 0,5 до 1 ПДК обнаружены в образцах кровохлебки лекарственной (аптечное сырье) – 0,87 мг/кг, иван-чая узколистного – 0,50 мг/кг (таблица). Среднее содержание кадмия в составе исследованных лекарственных растений, собранных в окрестностях Дубны, составляет 0,29 мг/кг, в растениях, приобретенных в аптечной сети – 0,69 мг/кг. По данным [2] содержание кадмия в надземной части трав на незагрязненных почвах составляет 0,64 мг/кг.

Содержание цинка в исследуемых лекарственных растениях колеблется от 13,23 до 49,96 мг/кг. В соответствии с имеющимися нормативными документами содержание цинка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах не регламентируется. Высокие концентрации цинка в лекарственных растениях, собранных в окрестностях Дубны обнаружены в образцах таволги вязолистной – 43,53 мг/кг и зверобоя продырявленного – 49,96 мг/кг, что выше среднего содержания цинка в надземной части трав на незагрязненных почвах, составляющего по данным [2] в среднем 33,1 мг/кг, но значительно ниже избыточных или токсичных концентраций, по мнению [1], составляющих 100–400 мг/кг сухого вещества.

Содержание меди в исследованном лекарственном сырье составляет от 3,33 мг/кг до 12,78 мг/кг, среднее содержание меди в составе лекарственных растений собранных в окрестностях Дубны – 7,17 мг/кг. Максимальное содержание меди, так же как и цинка, отмечается в образцах зверобоя продырявленного – 12,78 мг/кг и таволги вязолистной – 12,09 мг/кг (таблица). Среднее содержание меди в надземной части трав по данным [2] находится на уровне 8,6 мг/кг, избыточная или токсичная по [1] 20–100 мг/кг.

Средняя концентрация тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье,
мг/кг сухого вещества

№ п/п	Виды лекарственных растений и место их сбора	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni
1	Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), г. Дубна (1), Рагмино	1,25 ± 0,07	27,58 ± 1,25	0,50 ± 0,33	6,15 ± 0,54	5,98 ± 0,38
2	Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), аптечное сырье	3,15 ± 0,22	27,59 ± 1,27	–	6,23 ± 0,27	2,25 ± 0,13
3	Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), аптечное сырье	0,42 ± 0,02	26,97 ± 0,94	–	7,33 ± 0,48	10,41 ± 0,47
4	Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), Кимрский р-он, (2) Шар	–	17,51 ± 0,22	–	4,22 ± 0,1	0,87 ± 0,06
5	Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i> L. Holub), г. Дубна (3), Кентавр	–	24,29 ± 0,28	–	5,11 ± 0,09	1,00 ± 0,05
6	Кровохлёбка лекарственная (<i>Sanguisorba officinalis</i> L.), аптечное сырье	0,67 ± 0,06	25,22 ± 0,79	0,87 ± 0,37	5,66 ± 0,3	2,25 ± 0,21
7	Железница скардская (<i>Sideritis scardica</i>), аптечное сырье	0,76 ± 0,07	13,23 ± 0,17	0,11 ± 0,04	5,21 ± 0,08	0,60 ± 0,12
8	Липа сердцевидная (<i>Tilia cordata</i> Mill), г. Дубна, (4) стадион «Наука»	–	15,77 ± 0,28	–	3,33 ± 0,09	0,86 ± 0,04
9	Липа сердцевидная (<i>Tilia cordata</i> Mill), г. Дубна, (5) Левобережная часть	–	26,29 ± 0,15	–	5,70 ± 0,08	0,50 ± 0,04
10	Липа сердцевидная (<i>Tilia cordata</i> Mill), аптечное сырье	–	20,51 ± 0,09	–	7,95 ± 0,04	0,87 ± 0,06
11	Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.), г. Дубна, (6) набережная р. Волги	–	27,57 ± 0,86	–	6,55 ± 0,08	2,35 ± 0,12
12	Тысячелистник обыкновенный, Кимрский р-он, (7) Топорок	0,70 ± 0,09	24,28 ± 0,31	0,19 ± 0,01	8,30 ± 0,20	0,93 ± 0,12
13	Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.), аптечное сырье	1,15 ± 0,02	28,06 ± 0,53	1,02 ± 0,12	9,50 ± 0,02	2,23 ± 0,16
14	Таволга вязолистная (<i>Filipendula ulmifolia</i> L. Maxim.), г. Дубна, (8) Кентавр	1,00 ± 0,52	43,53 ± 0,64	0,12 ± 0,03	12,09 ± 0,14	6,14 ± 0,11
15	Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.), Кимрский р-он, (9) Ларцево	–	22,83 ± 0,17	0,59 ± 0,01	5,68 ± 0,12	0,66 ± 0,03
16	Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.), Кимрский р-он, (10) Топорок	–	49,96 ± 0,38	0,11 ± 0,02	12,78 ± 0,17	0,06 ± 0,03
17	Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.), аптечное сырье	0,32 ± 0,03	35,07 ± 0,33	1,00 ± 0,03	10,53 ± 0,2	2,75 ± 0,08
18	Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i> L.), аптечное сырье	0,78 ± 0,23	19,96 ± 0,25	0,27 ± 0,02	7,15 ± 0,18	0,86 ± 0,20
19	Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i> L.), Кимрский р-он, (11) Топорок	–	19,11 ± 0,11	0,25 ± 0,01	8,17 ± 0,07	0,40 ± 0,01
20	Верхний предел достаточной (нормальной) концентрации по [1]	10,0	150,0	0,2	30,0	5,0–
21	ПДК [12]	6,00	–	1,00	–	–
22	ПДК [14] Сухие фрукты	0,4	10,0	0,03	5,0	

Так же как цинк и медь, никель был обнаружен во всех образцах лекарственных растений. Содержание никеля в лекарственном растительном сырье составляло от 0,06 до 10,41 мг/кг. Максимальная концентрация никеля (10,41 мг/кг) обнаружена в иван-чае узколистом, приобретенном в аптечной сети. Среднее содержание цинка в образцах лекарственных растений из аптечной сети составило 3,05 мг/кг, среднее содержание никеля в лекарственных растениях, собранных в окрестностях Дубны – 1,72 мг/кг, что значительно ниже для усредненных значений для наземной части трав (8,9 мг/кг по данным [2]).

Как известно, содержание химических элементов в лекарственных растениях определяется их видовыми особенностями и условиями произрастания, в том числе биодоступностью элемента. Как показали исследования, самые высокие аккумуляции из всех исследованных тяжелых металлов 1-го и 2-го классов опасности характерны для цинка. Максимальное его накопление отмечается у зверобоя продырявленного и таволги вязолистной. Наименьшее накопление цинка отмечается у железницы скардской, иван-чая узколистного и крапивы двудомной. Высокая степень накопления характерна также для таких жизненно необходимых элементов, как медь и никель. Максимальное накопление меди также отмечается у зверобоя продырявленного и таволги вязолистной. Максимальное накопление никеля характерно для иван-чая узколистного. Наименьшее содержание в лекарственном растительном сырье отмечается для кадмия и свинца. Среднее содержание свинца составляет 1,02 мг/кг, кадмия – 0,84 мг/кг. В липе сердцевидной не обнаружены такие тяжелые металлы, как кадмий и свинец. Никель обнаружен в минимальных количествах, в среднем 0,74 мг/кг. Вероятно, липа сердцевидная (*Tilia cordata Mill*) практически не накапливает тяжелые металлы в соцветиях, которые используются как лекарственное сырье.

Как известно, содержание химических элементов в лекарственных растениях определяется их видовыми особенностями и условиями произрастания, в том числе биодоступностью элемента. Как показали исследования самые высокие аккумуляции из всех исследованных тяжелых металлов 1-го и 2-го классов опасности характерны для цинка. Максимальное его накопление отмечается у зверобоя продырявленного и таволги вязолистной. Наименьшее накопление цинка отмечается у железницы скардской, иван-чая узколистного и крапивы двудомной. Высокая степень нако-

пления характерна также для таких жизненно необходимых элементов, как медь и никель. Максимальное накопление меди также отмечается у зверобоя продырявленного и таволги вязолистной. Максимальное накопление никеля характерно для иван-чая узколистного. Наименьшее содержание в лекарственном растительном сырье отмечается для кадмия и свинца. Среднее содержание свинца составляет 1,02 мг/кг, кадмия – 0,84 мг/кг. В липе сердцевидной не обнаружены такие тяжелые металлы, как кадмий и свинец. Никель обнаружен в минимальных количествах, в среднем 0,74 мг/кг. Вероятно, липа сердцевидная (*Tilia cordata Mill*) практически не накапливает тяжелые металлы в соцветиях, которые используются как лекарственное сырье.

Выводы

В ходе исследования было установлено, что в половине обследованных образцов лекарственных растений свинец и кадмий, которые не являются физиологически важными элементами для растений, находятся ниже предела обнаружения. Содержание кадмия на уровне ПДК для лекарственного растительного сырья, рекомендуемых Государственной Фармакопией РФ, обнаружено в образцах зверобоя продырявленного и тысячелистника обыкновенного, приобретенных в аптечной сети. Содержание свинца не превышает предельно допустимых концентраций для лекарственного растительного сырья.

Содержание тяжелых металлов 1-го и 2-го классов опасности в проанализированных лекарственных растениях ниже, чем в растительности, произрастающей на незагрязненных почвах. Среднее содержание свинца, кадмия, цинка, меди и никеля в составе лекарственных растений, собранных в окрестностях Дубны, значительно ниже средних значений для лекарственных растений, приобретенных в аптечной сети города. Вероятно, это связано с тем, что почвы в местах сбора лекарственных растений характеризуются низким содержанием микроэлементов и, кроме того, не испытывают сильного антропогенного загрязнения. Исследованные лекарственные растения в окрестностях г. Дубны не представляют опасности с точки зрения накопления тяжелых металлов и могут быть рекомендованы для сбора и заготовки.

Список литературы

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 439 с.
2. Ильин Б.И. Тяжелые металлы в системе почва – растения. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. 151 с.

3. Батова Ю.В., Казнина Н.М., Титов А.Ф., Лайдинен Г.Ф. Состояние травянистой растительности и накопление тяжелых металлов растениями, произрастающими в условиях техногенного загрязнения почвы // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19. № 5. С.1642–1645.
4. Попп Я.И., Бокова Т.И. Содержание цинка, меди и кадмия в различных видах лекарственных растений, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (42). С. 84–92.
5. Трубина М.Р., Воробейчик Е.Л. Содержание тяжелых металлов в лекарственных растениях в зоне аэротехногенного воздействия Среднеуральского медеплавильного завода // Растительные ресурсы. 2013. Т. 49. № 2. С. 203–222.
6. Егорова И.Н., Неверова О.А. Эколого-гигиеническая оценка *Tussilago farfara* L., произрастающей на породном отвале угольного разреза «Кедровский». Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 6 (38). С. 241–243.
7. Тринеева О.В., Сливкин А.И. Исследование микроэлементного состава листьев крапивы двудомной // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2015. № 22 (219). С. 169–174.
8. Афанасьев И.А. Экологические аспекты заготовки и использования *Tamarix ramosissima* Led., *Tamarix ramosissima* Willd как лекарственного растительного сырья // Естественные науки. 2013. № 4 (45). С. 9–13.
9. Каплина С.П., Каманина И.З. Комплексная оценка экологического состояния г. Дубны Московской области // Экология урбанизированных территорий. 2017. № 2. С. 30–35.
10. Саканян Е.И., Ковалева Е.Л., Фролова Л.Н., Шелестова В.В. Современные требования к качеству лекарственных средств растительного происхождения // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2018. Т. 8. № 3. С.170–178.
11. Терёшкина О.И., Самылина И.А., Рудакова И.П., Гравель И.В. Гармонизация подходов к оценке безопасности состава лекарственных растительных препаратов // Биомедицина. 2011. № 3. С.80–86.
12. ОФС.1.5.3.0009.15. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах [Электронный ресурс]. URL: <http://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0009-15-opredelenie-soderzhaniya-tyazhelyh-metallov-i-myshyaka-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah/> (дата обращения: 24.11.2018).
13. Пименова М.Е., Шелепова О.В. Природное разнообразие содержания тяжёлых металлов в дикорастущих лекарственных растениях в сравнении с нормативами ПДК // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. 2004. С. 155–157.
14. СП 4089-86. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах [Электронный ресурс]. URL: docs.cntd.ru/document/1200114682 (дата обращения: 19.12.2018).