

УДК 615.322:574.2

ВЫЯВЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ЗОН ЗАГОТОВКИ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ВБЛИЗИ ТРАНСПОРТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

© *Н.А. Дьякова**, *А.И. Сливкин*, *Е.Е. Чупандина*, *С.П. Гапонов*

*Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1,
Воронеж, 394006 (Россия), e-mail: Ninochka_V89@mail.ru*

Цель работы – изучение допустимого расстояния для сбора лекарственного растительного сырья вблизи транспортных магистралей разной степени загруженности. Исследование проводилось в Воронежской области на примере восьми разных видов лекарственного растительного сырья (трава полыни горькой, трава горца птичьего, трава пустырника пятилопастного, трава тысячелистника обыкновенного, листья крапивы двудомной, листья подорожника большого, цветки пижмы обыкновенной, цветки липы сердцевидной), собранного в регламентированные нормативной документацией сроки заготовки вдоль и на различном удалении от автомобильных и железной дорог разной степени загруженности в разных природных зонах. В анализируемых образцах ранее было оценено содержание нормируемых биологически активных веществ, а также тяжелых металлов, пестицидов, радионуклидов, и показано полное соответствие фармакопейным требованиям. В данной работе анализ проводили по уровню содержания в лекарственном растительном сырье золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, что позволяет оценить загрязнение сырья пылевыми частицами. На основе полученных данных с применением метода математического моделирования выявлены допустимые расстояния от транспортных магистралей, которые можно рекомендовать для сбора безопасного лекарственного растительного сырья: расстояние от загруженных автомобильным транспортом крупных дорог и магистралей в условиях лесной природной зоны – не менее 230 м, в условиях лесостепной зоны – не менее 300 м, в условиях степной зоны, лишенной древесной и кустарниковой растительности, – не менее 660 м, вблизи нескоростных автомобильных дорог, отличающихся малой загруженностью автотранспортом, – не менее 160 м, вблизи железнодорожных магистралей – не менее 130 м. Полученные результаты можно рекомендовать для безопасного сбора лекарственного растительного сырья.

Ключевые слова: зола, нерастворимая в хлористоводородной кислоте, Воронежская область, *Polygonum aviculare* L., *Artemisia absinthium* L., *Achillea millefolium* L., *Leonurus quinquelobatus* Gilib., *Plantago major* L., *Urtica dioica* L., *Tilia cordata* Mill., *Tanacetum vulgare* L.

Введение

На сегодняшний день в медицинской и фармацевтической практике России применяется более 6 тысяч лекарственных препаратов на основе лекарственного растительного сырья (фитопрепараты). Значительный интерес к этой группе лекарственных препаратов объясняется тем, что они обладают хорошим терапевтическим эффектом и относительной безвредностью. Большая доля заготовок фитосырья расположена в европейской части Российской Федерации, отличающейся значительной плотностью населения, высокой ак-

Дьякова Нина Алексеевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, e-mail: Ninochka_V89@mail.ru

Сливкин Алексей Иванович – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой фармацевтической химии и фармацевтической, e-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Чупандина Елена Евгеньевна – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующая кафедрой управления и экономики фармации и фармакогнозии, e-mail: chupandina@vsu.ru

Гапонов Сергей Петрович – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры зоологии и паразитологии, e-mail: gaponov2003@mail.ru

тивностью хозяйственной деятельности, развитием транспортных магистралей [1, 2]. В связи с этим увеличивается угроза сбора лекарственных растений в экологически неблагоприятных районах и возрастает актуальность выявления влияния антропогенного загрязнения на качество сырья [3].

Актуальность данного исследования подчеркнута разночтениями в научной, учебной литературе, касающейся сбора лекарственного растительного сырья вблизи дорог. Неединогласны также правовые и нормативные документы. Разре-

* Автор, с которым следует вести переписку.

шенным расстоянием для сбора сырья вблизи дорог одни издания называют 100 м от проселочной дороги, другие – 100 м от дороги с очень интенсивным движением [4, 5]. Не определено также допустимое расстояние для сбора растительного сырья вблизи железных дорог. Допустимое расстояние для сбора растительного сырья, ягод, грибов, как правило, устанавливается местными органами законодательной власти, и они для разных регионов свои, что, вероятно, связано с особенностями природных зон регионов. При этом регламентированного разрешенного расстояния для сбора лекарственных растений в Центральном Черноземье нами из литературных и правовых источников не выявлено.

Ранее проведенные исследования по содержанию нормируемых биологически активных веществ [6–8], а также по оценке загрязнения тяжелыми металлами [9–13], пестицидами [14], радионуклидами [15–22] разных видов лекарственного растительного сырья, произрастающего на территории Воронежской области вблизи транспортных магистралей различной степени загруженности, показали полное соответствие фармакопейным требованиям [23–25]. При этом многие растения обладают уникальной способностью к большому пылевому захвату [26, 27]. В мировой литературе встречаются данные о выявлении растений с наибольшей стрессоустойчивостью и рекомендации их для городской экологизации [28–31]. Растения дают качественную и количественную оценку загрязнения окружающей среды [29, 32]. Исходя из вышесказанного, актуальной представляется оценка качества лекарственного растительного сырья, произрастающего вблизи дорог, на предмет загрязнения пылевыми частицами.

В настоящее время на каждого жителя Российской Федерации приходится около 200 кг взвешенных пылевых частиц [33]. Согласно данным Федеральной службы по Гидрометеорологии и Мониторингу окружающей среды на 01.01.2018 г. Воронеж относится к 4 городам России, в которых среднегодовые концентрации взвешенных веществ в воздухе превышает ПДК более чем в 2 раза, при этом Воронеж находится в этом негативном рейтинге на 1-м месте (ПДК взвешенных веществ превышено в 3.1 раза). При этом, согласно данным Гидрометцентра, летом и осенью (особенно засушливыми) ПДК по пыли в г. Воронеже бывает превышена в 3.3 раза. Причин такой высокой запыленности много. Во-первых, это использование пескосмеси зимой, остатки которой образуют весной пыльные бури. Во-вторых, недостаточная озелененность территорий города и области. Воронежская область и до пожаров 2010 года считалась лесодефицитным регионом, а после пожаров ситуация значительно усугубилась. В-третьих, это результаты недостаточной очистки выбросов промышленных предприятий. В-четвертых, это, конечно, выбросы автотранспорта. По данным агентства «Автостат», количество легкового автотранспорта в Воронеже в 2017 году превысило 318 тысяч. На тысячу жителей города приходится 308 машин. По этому показателю Воронеж оказался на третьем месте среди городов России после Самары и Санкт-Петербурга. При этом велика доля старых отечественных автомобилей, выбросы от которых в разы токсичнее, чем от зарубежных, оснащенных нейтрализаторами выхлопных газов. При этом по качеству автомобильных дорог Воронежская область находится лишь на 61-м месте среди городов России. Велики проблемы и с количеством дорог. Воронеж оказался на 5-м месте из десяти в рейтинге российских городов с самыми загруженными дорогами, что влечет за собой увеличение токсичных выбросов и сажи от автотранспорта, так как выбросы в разы возрастают с увеличением скорости автомобиля, при торможении и запуске мотора, что усиливается в автомобильных пробках [33].

Цель исследования – проведение исследований по выявлению допустимо возможного расстояния для сбора лекарственного растительного сырья вблизи транспортных магистралей разной степени загруженности с учетом степени загрязнения сырья пылевыми частицами и оседающими на них поллютантами.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования использовали траву пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib. (syn. *Cardiaca quinquelobata* Gilib., *Leonurus villosus* Desf. ex D'Urv.), сем. *Lamiaceae*), траву горца птичьего (*Polygonum aviculare* L. (syn. *Polygonum heterophyllum* L., *Polygonum monspeliense* C. Thiébaud ex Pers.), сем. *Polygonaceae*), траву полыни горькой (*Artemisia absinthium* L. (syn. *Artemisia pendula* Salisb., *Artemisia rehan* Chiov., *Absinthium officinale* Brot., *Absinthium vulgare* L., *Artemisia rhaetica* Brügger), сем. *Asteraceae*), траву тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L. (syn. *Achillea albida* Willd., *Achillea ambigua* Pollini, *Achillea lanata* Lam., *Achillea lanata* LAM., *Achillea setacea* Schwein., *Achillea crassifolia* Colla), сем. *Asteraceae*), листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L. (syn. *Urtica galeopsifolia* Wierzb. ex Opiz, *Urtica tibetica* W.T.Wang), сем. *Urticaceae*), листья подорожника большого (*Plantago major* L., сем.

Plantaginaceae), цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill. (syn. *Tilia parvifolia* Ehrh. ex Hoffm), сем. *Tiliaceae*), цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L. (syn. *Chrysanthemum vulgare* (L.) Bernh., *Tanacetum boreale* Fisch. ex DC.), сем. *Asteraceae*). При выборе объектов исследования руководствовались несколькими условиями: представлены разные виды лекарственного растительного сырья, включающего в себя разные органы или группы органов растений (листья, цветки, трава), от разных форм производящих растений – травянистые и древесные формы растительности. Кроме того, выбранные объекты являются представителями как естественных растительных сообществ, так и синантропной растительности, заготавливаются преимущественно от дикорастущего сырья в средней полосе России, в том числе в Воронежской области. Порядок отбора образцов от транспортных магистралей был определен с шагом в 100 метров (0, 100, 200, 300 м). Выбор Воронежской области в качестве исследования по определению оптимальной безопасной зоны заготовки лекарственного растительного сырья продиктован следующими обстоятельствами: значительная меридианная протяженность области и наличие трех разных природных зон – смешанная лесная, лесостепная и степная зоны.

Пыль представляет собой мелкие твердые тела среднего диаметра 0.005 мм и максимального – 0.1 мм. Основа состава пыли – кремнезем, сажа, окиси железа и, так как пыль обладает высокой сорбционной способностью, – осажденные на них вещества, главным образом, поллютанты [32, 33]. Поэтому представляется возможным оценить загрязненность лекарственного растительного сырья пылевыми частицами по содержанию золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте.

Определение проводилось по фармакопейной методике [23]. Сравнение проводили с числовыми показателями, приведенными в частных фармакопейных статьях на данные виды сырья [25]. Каждое определение проводили трехкратно. Данные, полученные в ходе исследований, статистически обрабатывали в «Microsoft Excel».

Результаты и их обсуждение

Полученные средние значения результатов определения содержания золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, в изучаемых образцах лекарственного растительного сырья приведены в таблице 1.

Из полученных данных четко видно, что густая древесная и кустарниковая растительность выступает естественным щитом на пути распространения взвешенных частиц. Так, для образцов, собранных вдоль автомобильной трассы М4 в Рамонском районе области, где вдоль дороги имеет место лесная природная зона, пылевые частицы, являющиеся и переносчиками различных осажденных на них токсичных веществ, хорошо распространяются на расстояние 100 м, а к 200 м от дороги 100% отобранных образцов уже не показывают превышения норм содержания золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте. Для образцов изучаемого лекарственного растительного сырья, собранного нами вдоль автомобильной трассы А144 (Аннинский район) в лесостепной природной зоне, отмечается соответствие фармакопейным требованиям на расстоянии произрастания производящих растений в 300 м. Сырье, собранное вдоль трассы М4 в степной зоне (Павловский район), не удовлетворяет требованиям фармакопейных статей и на расстоянии 300 м от автотрассы. При этом образцы сырья, собранного в степной зоне вдоль нескоростной автомобильной дороги с малой интенсивностью движения, в 50% случаев удовлетворяют требованиям нормативной документации по изучаемому показателю уже на расстоянии от дороги в 100 м, а на расстоянии 200 м от дороги соответствует фармакопейным требованиям для всех отбираемых образцов.

Для уточнения разрешенных зон сбора лекарственного растительного сырья вблизи крупных дорог были проведены дополнительные исследования методом математического моделирования на основе полученных экспериментальных данных. В программе «Microsoft Excel Prof+13» по полученным экспериментальным данным были построены точечные графики, а к ним – линейные линии тренда с автоматическим расчетом уравнений данных прямых. По полученным уравнениям прямых линий тренда с использованием фармакопейных числовых показателей содержания золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, были рассчитаны значения расстояния от транспортной магистрали, на удалении которого сырье становится соответствующим требованиям нормативной документации (табл. 2). Разрешенное расстояние сбора лекарственного растительного сырья в той или иной природной зоне определялось нами как максимальное расстояние от транспортной магистрали, на удалении которого сырье становится соответствующим требованиям действующей нормативной документации.

Таблица 1. Содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, %

№ п/п	Район сбора	Трава горца птичьего	Трава полыни горькой	Трава тысячелистника обыкновенного	Трава пустырника пятилопастного	Листья подорожника большого	Листья крапивы двудомной	Цветки липы сердцевидной	Цветки пижмы обыкновенной
1	Вдоль трассы М4 (лесная зона, Рамонский район)	6.36± 0.53	6.82± 0.25	5.70± 0.20	10.50± 0.41	11.24± 0.31	7.93± 0.25	4.28± 0.23	7.27± 0.27
2	100 м от трассы М4 (лесная зона, Рамонский район)	5.16± 0.31	5.03± 0.15	4.64± 0.32	8.52± 0.19	9.43± 0.21	4.73± 0.18	3.63± 0.30	6.44± 0.21
3	200 м от трассы М4 (лесная зона, Рамонский район)	2.73± 0.17	2.85± 0.22	2.30± 0.20	5.87± 0.15	5.21± 0.19	1.59± 0.09	2.05± 0.17	3.37± 0.16
4	300 м от трассы М4 (лесная зона, Рамонский район)	2.58± 0.26	2.22± 0.20	1.95± 0.22	4.09± 0.15	4.26± 0.18	1.27± 0.21	1.96± 0.21	3.10± 0.20
5	Вдоль трассы А144 (лесостепная зона, Аннинский район)	5.16± 0.35	4.62± 0.37	4.26± 0.15	8.74± 0.32	10.88± 0.21	6.49± 0.13	5.84± 0.09	6.37± 0.19
6	100 м от трассы А144 (лесостепная зона, Аннинский район)	4.86± 0.26	4.68± 0.22	3.94± 0.30	7.87± 0.21	9.58± 0.12	5.37± 0.22	5.31± 0.20	5.73± 0.21
7	200 м от трассы А144 (лесостепная зона, Аннинский район)	4.25± 0.16	3.69± 0.20	3.57± 0.21	7.68± 0.31	7.78± 0.23	3.65± 0.12	3.38± 0.16	4.74± 0.13
8	300 м от трассы А144 (лесостепная зона, Аннинский район)	2.46± 0.27	2.86± 0.14	1.17± 0.25	4.26± 0.17	5.47± 0.26	1.26± 0.13	1.96± 0.10	2.57± 0.27
9	Вдоль трассы М4 (степная зона, Павловский район)	5.72± 0.30	6.69± 0.31	6.58± 0.15	10.54± 0.17	11.53± 0.10	7.73± 0.25	5.57± 0.12	5.90± 0.17
10	100 м от трассы М4 (степная зона, Павловский район)	5.00± 0.27	5.86± 0.10	5.87± 0.30	9.78± 0.28	10.09± 0.24	6.56± 0.18	5.04± 0.16	5.56± 0.10
11	200 м от трассы М4 (степная зона, Павловский район)	4.64± 0.23	5.43± 0.32	5.25± 0.26	9.25± 0.19	9.58± 0.30	5.50± 0.25	4.44± 0.24	5.25± 0.07
12	300 м от трассы М4 (степная зона, Павловский район)	4.53± 0.17	4.60± 0.14	3.97± 0.21	8.43± 0.21	8.36± 0.32	3.19± 0.21	3.65± 0.12	4.86± 0.26
13	Вдоль нескоростной автомобильной дороги (степная зона, Богучарский район)	4.65± 0.35	4.61± 0.15	3.15± 0.10	6.47± 0.12	7.83± 0.29	3.97± 0.0	3.54± 0.21	5.37± 0.14
14	100 м от нескоростной автомобильной дороги (степная зона, Богучарский район)	4.14± 0.16	3.55± 0.21	2.96± 0.15	5.76± 0.10	6.54± 0.25	2.58± 0.31	2.75± 0.17	4.75± 0.22
15	200 м от нескоростной автомобильной дороги (степная зона, Богучарский район)	2.14± 0.27	2.46± 0.18	2.12± 0.11	4.29± 0.21	4.84± 0.29	1.14± 0.23	1.87± 0.15	3.08± 0.21
16	300 м нескоростной автомобильной дороги (степная зона, Богучарский район)	1.84± 0.12	1.75± 0.15	1.34± 0.13	2.66± 0.16	3.11± 0.21	1.39± 0.23	1.09± 0.10	2.43± 0.26
17	Вдоль железной дороги (Рамонский район)	4.83± 0.17	3.78± 0.12	3.60± 0.17	6.37± 0.09	7.64± 0.20	3.74± 0.15	3.87± 0.26	5.72± 0.32
18	100 м от железной дороги (Рамонский район)	2.31± 0.20	2.68± 0.15	2.16± 0.19	4.36± 0.24	5.70± 0.16	1.24± 0.13	1.94± 0.08	3.09± 0.15
19	200 м от железной дороги (Рамонский район)	2.52± 0.14	1.68± 0.08	1.25± 0.17	3.54± 0.21	4.26± 0.19	1.13± 0.15	1.25± 0.21	2.35± 0.10
20	300 м от железной дороги (Рамонский район)	1.26± 0.18	1.43± 0.13	0.85± 0.23	2.69± 0.09	2.09± 0.15	1.36± 0.20	0.73± 0.14	1.64± 0.15
Среднее значение		3.86	3.87	3.33	6.58	7.27	3.59	3.21	4.48
Числовой показатель по ФС, не более		4	3	3	6	6	2	3	4

Анализируя полученные данные по загрязнению лекарственного растительного сырья Воронежской области пылевыми частицами, можно сделать следующие рекомендации по сбору сырья: считать допустимым для сбора лекарственного растительного сырья расстояние от загруженных автомобильным транспортом крупных дорог и магистралей в условиях лесной природной зоны – не менее 230 м, в условиях лесостепной зоны – не менее 300 м, в условиях степной зоны, лишенной древесной и кустарниковой растительности, – не менее 660 м, вблизи нескоростных автомобильных дорог, отличающихся малой загруженностью автотранспортом, – не менее 160 м, вблизи железнодорожных магистралей – не менее 130 м.

Таблица 2. Расстояние от транспортной магистрали, на удалении которого сырье становится соответствующим требованиям нормативной документации (м)

Район сбора	ЛРС								Допустимое расстояние для сбора сырья
	Трава горца птичьего	Трава полыни горькой	Трава тысячелистника обыкновенного	Трава пустырника пятилопастного	Листья подорожника	Листья крапивы двудомной	Цветки липы сердцевидной	Цветки пижмы обыкновенной	
Трасса М4 (смешанный лес)	164.7	226.7	197.5	206.7	210.7	231.5	148.4	216.8	231.5
Трасса А144 (лесостепь)	171.1	302.1	175.1	234.0	285.1	276.1	232.2	218.6	302.1
Трасса М4 (степная зона)	400.5	551.8	438.7	656.4	539.3	404.6	410.8	560.9	656.4
Нескоростная автомобильная дорога	72.8	159.1	52.9	56.6	123.2	179.0	66.7	141.0	159.1
Железная дорога	29.0	74.1	36.8	17.0	90.4	130.8	45.9	88.2	130.8

Анализ средних значений содержания золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, позволяет выстроить из анализируемых видов лекарственного растительного сырья ряд уменьшения сродства сырья к песчаным пылевым частицам, который выглядит следующим образом: листья подорожника большого > трава пустырника пятилопастного > цветки пижмы обыкновенной > трава горца птичьего > листья крапивы двудомной > трава полыни горькой > трава тысячелистника обыкновенного > цветки липы сердцевидной. Объяснить полученные результаты можно морфологическими и анатомическими особенностями органов растений: больше пыли осело на растениях с крупными листовыми пластинками (подорожник большой, крапива двудомная), опушенных волосками (пустырник пятилопастной, крапива двудомная, полынь горькая). Меньшую способность проявили виды сырья с небольшой общей площадью поверхности (трава тысячелистника обыкновенного, цветки липы сердцевидной).

Заключение

Определено содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, как индикатор загрязнения растительного сырья пылевыми частицами у восьми объектов, собранного в регламентированные нормативной документацией сроки заготовки на различном удалении от автомобильных и железной дорог разной степени загруженности в разных природных зонах Воронежской области. Установлены допустимые для сбора лекарственного растительного сырья расстояния от загруженных автомобильным транспортом крупных дорог и магистралей в условиях лесной природной зоны – не менее 230 м, в условиях лесостепной зоны – не менее 300 м, в условиях степной зоны, лишенной древесной и кустарниковой растительности, – не менее 660 м, вблизи нескоростных автомобильных дорог, отличающихся малой загруженностью автотранспортом, – не менее 160 м, вблизи железнодорожных магистралей – не менее 130 м.

Список литературы

1. Великанова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа. LAMBERT Academic Publishing, 2013. 211 с.
2. Великанова Н.А. Экологическая оценка состояния лекарственного растительного сырья (на примере *Polygonum aviculare* L. и *Plantago major* L.) в урбоусловиях города Воронежа и его окрестностей: дис. ... канд. биол. наук. Воронеж, 2013. 205 с.
3. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений в условиях нарастающей антропогенной нагрузки Центрального Черноземья // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2014. №3. С. 106–110.
4. Куркин В.А. Основы фитотерапии: учебное пособие для студентов фармацевтических вузов. Самара, 2009. 963 с.
5. Муравьева Д.А. Фармакогнозия. М., 2012. 653 с.
6. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Оценка эффективности и безопасности лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2018. №1. С. 124–131.
7. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Сравнение особенностей накопления основных токсических элементов цветками липы сердцевидной и пижмы обыкновенной // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2017. №1. С. 148–154.
8. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И. Экологическое состояние лекарственного растительного сырья Центрального Черноземья // Фармация. 2015. №1. С. 3–6.

9. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Мындра А.А. Анализ взаимосвязи между накоплением поллютантов и основных биологически активных групп веществ в лекарственном растительном сырье на примере травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.) и листьев подорожника большого (*Plantago major* L.) // Химико-фармацевтический журнал. 2015. Т. 49. №6. С. 25–28. DOI: 10.1007/s11094-015-1289-6.
10. Дьякова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Изучение накопления тяжелых металлов и мышьяка и оценка влияния поллютантов на содержание флавоноидов у *Polygonum aviculare* (Caryophyllales, Polygonaceae) // Вестник Камчатского технического государственного университета. 2019. №48. С. 71–77. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-48-71-77.
11. Гапонов С.П., Дьякова Н.А., Сливкин А.И. Накопление тяжелых металлов травой полыни горькой, произрастающей в Воронежской области // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Актуальные вопросы разработки и исследования новых лекарственных средств: материалы 7-й Международной научно-методической конференции «Фармообразование-2018». Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2018. С. 230–233.
12. Гапонов С.П., Дьякова Н.А., Сливкин А.И. Накопление тяжелых металлов травой тысячелистника обыкновенного, произрастающей в Воронежской области // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Актуальные вопросы разработки и исследования новых лекарственных средств: материалы 7-й Международной научно-методической конференции «Фармообразование-2018». Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2018. С. 233–236.
13. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Мындра А.А. Оценка содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье Воронежской области // Химико-фармацевтический журнал. 2018. Т. 52. №3. С. 32–35. DOI: 10.1007/s11094-018-1819-0.
14. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Мындра А.А. Анализ загрязненности лекарственного растительного сырья Воронежской области наиболее опасными пестицидами // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2015. №3. С. 115–118.
15. Дьякова Н.А. Эффективность и радиационная безопасность лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2018. №3(24). С. 140–143.
16. Dyakova N., Gaponov S., Slivkin A.I., Chupandina E.I. Accumulation of artificial and natural radionuclides in medicinal plant material in the Central Black Soil Region of Russia // Advances in Biological Sciences Research. Vol. 7. Pp. 94–96. DOI: 10.2991/isils-19.2019.22.
17. Дьякова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере горца птичьего // Известия Калининградского государственного технического университета. 2019. №54. С. 31–39.
18. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере травы полыни горькой // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2019. №3(25). С. 36–44.
19. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Изучение радионуклидного загрязнения лекарственного сырья Воронежской области на примере листьев подорожника большого и листьев крапивы двудомной // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2017. №2. С. 148–154.
20. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере травы тысячелистника обыкновенного // Традиционная медицина. 2019. №4. С. 48–52.
21. Дьякова Н.А. Особенности накопления природных и техногенных радионуклидов цветками пижмы обыкновенной из почв // Труды XIV международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество». Новосибирск: ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ», 2017. С. 203–207.
22. Дьякова Н.А. Контроль радиационной безопасности лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков липы сердцевидной // Сборник трудов республиканской научно-практической конференции «Фармация: наука, образование, инновации и производство». Ташкент, 2017. С. 16–18.
23. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. М., 2018. Т. 1. 1814 с.
24. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. М., 2018. Т. 2. 1436 с.
25. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. М., 2018. Т. 4. 1872 с.
26. Castanheiro A., DeWael K., Samson R. Urban green as indicator of metal pollution // 15th Castle Meeting New trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism. Dinant, 2016. Pp. 15–17.
27. Castanheiro A., Samson R., DeWael K. Magnetic- and particle-based techniques to investigate metal deposition on urban green // Science of the Total Environment. 2016. N571. Pp. 594–602.
28. Макаренко Т.В. Листья городских насаждений как биоиндикаторы загрязнения окружающей среды. Проблемы геологии и освоения недр // Труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина. Томск: Изд-во НИ ТПУ, 2017. С. 773–775.
29. Gupta G.P., Kumar B., Singh S., Kulshrestha U.C. Deposition and Impact of Urban Atmospheric Dust on Two Medicinal Plants during Different Seasons in NCR Delhi // Aerosol and Air Quality Research. 2016. N16. Pp. 2920–2932.
30. Rai A., Kulshrestha K. Effect of particulates generated from automobile emission on some common plants // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2006. Vol. 4(1). Pp. 253–259.

31. Speak A.F., Rothwell J.J., Lindley S.J., Smith C.L. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city // *Atmospheric Environment*. 2012. Vol. 61. Pp. 283–293.
32. Wang L., Gong H., Liao W., Wang Z. Accumulation of particles on the surface of leaves during leaf expansion // *Science of the Total Environment*. 2015. Pp. 420–434.
33. Янин Е.П. Промышленная пыль в городской среде (геохимические особенности и экологическая оценка). М.: ИМГРЭ, 2003. 82 с.

Поступила в редакцию 6 апреля 2020 г.

После переработки 28 апреля 2020 г.

Принята к публикации 26 июня 2020 г.

Для цитирования: Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Чупандина Е.Е., Гапонов С.П. Выявление допустимых зон заготовки лекарственного растительного сырья вблизи транспортных магистралей // *Химия растительного сырья*. 2020. №4. С. 179–186. DOI: 10.14258/jcrpm.2020047609.

*Dyakova N.A.**, *Slivkin A.I.*, *Chupandina Ye.Ye.*, *Gaponov S.P.* IDENTIFICATION OF PERMISSIBLE AREAS OF PREPARATION OF MEDICINAL VEGETABLE RAW MATERIALS NEAR TRANSPORT LINES

Voronezh State University, Universitetskaya pl., 1, Voronezh, 394006 (Russia), e-mail: Ninochka_V89@mail.ru

The purpose of the work is to study the permissible distance for the collection of medicinal plant raw materials near transport highways of different degrees of loading. The study was carried out in the Voronezh region on the example of eight different types of medicinal vegetable raw materials (Herring grass bitter, avian mountain grass, five-foot desert grass, plain thousand-year-old grass, double-ground nettle leaves, large planter leaves, common pajma flowers, core lip flowers) Collected in time of procurement along and at different distance from roads and railways of different degree of load in different natural zones, regulated by normative documentation. In the analyzed samples, the content of standardized biologically active substances, as well as heavy metals, pesticides, radionuclides, was previously estimated and full compliance with pharmacopoeia requirements was shown. In this work, the analysis was carried out on the level of ash insoluble in hydrochloric acid in the medicinal plant raw material, which makes it possible to estimate contamination of the raw material with dust particles. On the basis of the obtained data using the mathematical simulation method, the permissible distances from the transport lines, which can be recommended for the collection of safe medicinal plant raw materials, have been identified: Distance from major roads and highways loaded by road in forest natural zone conditions – at least 230 m, in forest steppe zone conditions – at least 300 m, in steppe zone conditions devoid of wood and shrub vegetation, – Not less than 660 m, near non-high-speed roads characterized by low traffic load – not less than 160 m, near railway lines – not less than 130 m. The obtained results can be recommended for safe collection of medicinal vegetable raw materials.

Keywords: ash insoluble in hydrochloric acid, Voronezh region, *Polygonum aviculare* L., *Artemisia absinthium* L., *Achillea millefolium* L., *Leonurus quinquelobatus* Gilib., *Plantago major* L., *Urtica dioica* L., *Tilia cordata* Mill., *Tanacetum vulgare* L.

References

1. Velikanova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. *Ekootsenka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya v urbousloviyakh g. Voronezha*. [Eco-assessment of medicinal plant raw materials in the urban conditions of Voronezh]. LAMBERT Academic Publishing, 2013, 211 p. (in Russ.).
2. Velikanova N.A. *Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya (na primere Polygonum aviculare L. i Plantago major L.) v urbousloviyakh goroda Voronezha i yego okrestnostey: dis. ... kand. biol. nauk*. [Ecological assessment of the state of medicinal plant materials (for example, *Polygonum aviculare* L. and *Plantago major* L.) in the urban conditions of the city of Voronezh and its environs: dis. ... Cand. biol. sciences]. Voronezh, 2013, 205 p. (in Russ.).
3. Dyakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*, 2014, no. 3, pp. 106–110. (in Russ.).
4. Kurkin V.A. *Osnovy fitoterapii: Uchebnoye posobiye dlya studentov farmatsevticheskikh vuzov*. [Fundamentals of Herbal Medicine: A Textbook for Pharmaceutical Students]. Samara, 2009, 963 p. (in Russ.).
5. Murav'yeva D.A. *Farmakognosiya*. [Pharmacognosy]. Moscow, 2012, 653 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

6. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*, 2018, no. 1, pp. 124–131. (in Russ.).
7. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*, 2017, no. 1, pp. 148–154. (in Russ.).
8. Dyakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I. *Farmatsiya*, 2015, no. 1, pp. 3–6. (in Russ.).
9. Dyakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2015, vol. 49, no. 6, pp. 25–28. DOI: 10.1007/s11094-015-1289-6. (in Russ.).
10. Dyakova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. *Vestnik Kamchatskogo tekhnicheskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, no. 48, pp. 71–77. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-48-71-77. (in Russ.).
11. Gaponov S.P., Dyakova N.A., Slivkin A.I. *Puti i formy sovershenstvovaniya farmatsevticheskogo obrazovaniya. Aktual'nyye voprosy razrabotki i issledovaniya novykh lekarstvennykh sredstv: Materialy 7-y Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii "Farmobrazovaniye-2018"*. [Ways and forms of improving pharmaceutical education. Topical issues of development and research of new drugs: Materials of the 7th International Scientific and Methodological Conference "Pharmaceutical Education-2018"]. Voronezh, 2018, pp. 230–233. (in Russ.).
12. Gaponov S.P., Dyakova N.A., Slivkin A.I. *Puti i formy sovershenstvovaniya farmatsevticheskogo obrazovaniya. Aktual'nyye voprosy razrabotki i issledovaniya novykh lekarstvennykh sredstv: Materialy 7-y Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii "Farmobrazovaniye-2018"*. [Ways and forms of improving pharmaceutical education. Topical issues of development and research of new drugs: Materials of the 7th International Scientific and Methodological Conference "Pharmaceutical Education-2018"]. Voronezh, 2018, pp. 233–236. (in Russ.).
13. Dyakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2018, vol. 52, no. 3, pp. 32–35. DOI: 10.1007/s11094-018-1819-0. (in Russ.).
14. Dyakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*, 2015, no. 3, pp. 115–118. (in Russ.).
15. Dyakova N.A. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2018, no. 3(24), pp. 140–143. (in Russ.).
16. Dyakova N., Gaponov S., Slivkin A.I., Chupandina E.I. *Advances in Biological Sciences Research*, vol. 7, pp. 94–96. DOI: 10.2991/isils-19.2019.22.
17. Dyakova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2019, no. 54, pp. 31–39. (in Russ.).
18. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Voprosy obespecheniya kachestva lekarstvennykh sredstv*, 2019, no. 3(25), pp. 36–44. (in Russ.).
19. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*, 2017, no. 2, pp. 148–154. (in Russ.).
20. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Traditsionnaya meditsina*, 2019, no. 4, pp. 48–52. (in Russ.).
21. Dyakova N.A. *Trudy XIV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Pishcha. Ekologiya. Kachestvo»*. [Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference "Food. Ecology. Quality"]. Novosibirsk, 2017, pp. 203–207. (in Russ.).
22. Dyakova N.A. *Sbornik trudov respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Farmatsiya: nauka, obrazovaniye, innovatsii i proizvodstvo»*. [Proceedings of the republican scientific and practical conference "Pharmacy: science, education, innovation and production"]. Tashkent, 2017, pp. 16–18. (in Russ.).
23. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. Izdaniye XIV*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV]. Moscow, 2018, vol. 1, 1814 p. (in Russ.).
24. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. Izdaniye XIV*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV]. Moscow, 2018, vol. 2, 1436 p. (in Russ.).
25. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. Izdaniye XIV*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV]. Moscow, 2018, vol. 4, 1872 p. (in Russ.).
26. Castanheiro A., DeWael K., Samson R. *15th Castle Meeting New trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism*, Dinant, 2016, pp. 15–17.
27. Castanheiro A., Samson R., DeWael K. *Science of the Total Environment*, 2016, no. 571, pp. 594–602.
28. Makarenko T.V. *Trudy XXI Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova studentov i molodykh uchonykh, posvyashchennogo 130-letiyu so dnya rozhdeniya professora M.I. Kuchina*. [Proceedings of the XXI International Symposium named after academician M.A. Usov, students and young scientists, dedicated to the 130th anniversary of the birth of Professor M.I. Kuchina]. Tomsk, 2017, pp. 773–775. (in Russ.).
29. Gupta G.P., Kumar B., Singh S., Kulshrestha U.C. *Aerosol and Air Quality Research*, 2016, no. 16, pp. 2920–2932.
30. Rai A., Kulshreshtha K. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2006, vol. 4(1), pp. 253–259.
31. Speak A.F., Rothwell J.J., Lindley S.J., Smith C.L. *Atmospheric Environment*, 2012, vol. 46, pp. 283–293.
32. Wang L., Gong H., Liao W., Wang Z. *Science of the Total Environment*, 2015, pp. 420–434.
33. Yanin Ye.P. *Promyshlennaya pyl' v gorodskoy srede (geokhimicheskiye osobennosti i ekologicheskaya otsenka)*. [Industrial dust in the urban environment (geochemical features and environmental assessment)]. Moscow, 2003, 82 p. (in Russ.).

Received April 6, 2020

Revised April 28, 2020

Accepted June 26, 2020