

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ КОРНЯМИ ОДУВАНЧИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО

Н. А. Дьякова, А. А. Мындра, А. И. Сливкин, С. П. Гапонов

¹Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 20.09.2017 г.

Аннотация. Изучена взаимосвязь между накоплением тяжелых металлов и водорастворимых полисахаридов в лекарственном растительном сырье, собранном на территории Воронежской области в естественных биогеоценозах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. Для проведения исследований нами на основе уже имеющегося литературного и картографического обзора было выбрано свыше 50 точек отбора образцов почв и лекарственного растительного сырья. Выбор исследуемых районов обусловлен характером специфического антропогенного воздействия на него. В качестве объекта исследования решено было использовать корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.) - лекарственного растительного сырья, собираемого, как правило, от дикорастущих организмов, являющихся характерными представителями как естественных растительных сообществ, так и урбанофлоры. Отобранные образцы были изучены на содержание тяжелых металлов (свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, никель). Анализ образцов лекарственного растительного сырья проводили с использованием аналитического комплекса на базе атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915 МД. Определение основных биологически активных веществ (водорастворимых полисахаридов) проводили по разработанной ранее экспрессной методике с применением ультразвуковой ванны. Предлагаемая методика значительно ускоряет процесс извлечения водорастворимых полисахаридов (время количественного анализа корней одуванчика лекарственного сокращается до 3.5 ч), и увеличивает по сравнению с другими методами экстрагирования выход основного продукта в среднем на 10%. Результаты исследования отобранных образцов корней одуванчика лекарственного показывают, в целом, экологически благополучное состояние изучаемого лекарственного растительного сырья. Из отобранных образцов неудовлетворительными признаны лишь два: собранные вблизи теплоэлектроцентрали «ВОГРЭС» и ООО «Бормаш» (Поворино), - в них превышено содержание мышьяка. Содержание водорастворимых полисахаридов в корнях одуванчика лекарственного варьирует в диапазоне от 18.52 до 33.10%. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что заметного влияния на накопление этой группы соединений антропогенное влияние не оказывает: образцы, собранные в экологически благоприятных зонах, мало отличаются по количественному содержанию водорастворимых полисахаридов от образцов из экологически неблагоприятных районов. Это подтверждают и рассчитанные коэффициенты корреляции.

Ключевые слова: Центральное Черноземье, одуванчик лекарственный, тяжелые металлы, водорастворимые полисахариды.

Согласно современным представлениям, оценка безопасности лекарственного растительного сырья должна учитывать все потенциальные факторы риска, специфичные для данной группы лекарственных средств. Основная часть заготовок лекарственного растительного сырья традиционно сосредоточена в европейской части России, причем, в ее самых населенных и промышленно освоенных регионах, в частности в Центральном Черноземье. При этом большинство эксплуатируемых ресурсов дикорастущих лекарственных рас-

тений расположено в зоне активной хозяйственной деятельности человека [1-3].

Целью исследования являлось изучение взаимосвязи между накоплением тяжелых металлов и водорастворимых полисахаридов в корнях одуванчика лекарственного, собранного на территории Воронежской области в естественных биогеоценозах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. Актуальность данного исследования заключается в научной оценке влияния экотоксикантов на живые организмы вообще, и на лекарственное растительное сырье в частности [4].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для проведения исследований в рамках Воронежской области как среднестатистической области Центрального Черноземья нами на основе уже имеющегося литературного и картографического обзора были выбраны точки отбора образцов почв и лекарственного растительного сырья. Выбор исследуемых районов обусловлен характером специфического антропогенного воздействия на него (рис. 1): химические предприятия ООО «Сибур» (28), ОАО «Минудобрения» (23), ООО «Бормаш» (24); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) «ВОГРЭС» (27); Нововоронежская атомная электростанция (АЭС) (8); Воронежский аэропорт (30); улица города (улица Ленинградская) (31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (9); Воронежское водохранилище (29); города с развитой легкой промышленностью (Калач (26), Борисоглебск (25)); зона предполагаемой добычи никеля (4); зоны активной сельскохозяйственной деятельности с внесением большого количества удобрений (Лискинский (10), Ольховатский (11), Подгоренский (12), Петропавловский (13), Грибановский (14), Хохольский (15), Новохоперский (16), Репьевский (17), Воробьевский (18), Панинский (19), Эртильский (20), Верхнехавский (21), Россошанский (22) районы); а также зоны, подвергшиеся радионуклидному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС (Нижегородский (5), Острогожский (6), Семилукский (7) районы); в качестве сравнения – заповедная зона (Воронежский биосферный заповедник (1), Хоперский государственный природный заповедник в Новохоперском районе (2) и в Борисоглебском районе (3)). Кроме того, большое внимание уделено нами лекарственному растительному сырью, произрастающему вблизи автомобильных и железнодорожных дорог. Отборы образцов проводились вдоль дорог, и на расстоянии 100 м, 200 м, 300 м от дороги. Рассматривались разные природные зоны: лесная зона (Рамонский район) (32-35), лесостепь (Аннинский район (36-39)), степь (Павловский район) (40-43), где имеются крупные транспортные развязки трассы М4 «Дон», А144 «Курск-Саратов». Также рассмотрены скоростная автомобильная дорога (Богучарский район) (44-47) и железная дорога (Рамонский район) (48-51).

В качестве объекта исследования решено было использовать корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg.) - лекарственного растительного сырья, собираемого, как правило, от дикорастущих организмов, являющихся характерными представителями как естественных растительных сообществ, так и урбанofлоры [5-6]. Водорастворимые полисахариды (ВРПС) являются основной группой

биологически активных веществ в корнях одуванчика лекарственного и обладают сахароснижающим, иммуностимулирующим, диуретическим, пребиотическим, сорбирующим, прокинетическим и противоопухолевым действием [7-15].



Рис. 1. Карта отбора образцов почв и лекарственного растительного сырья (обозначения расшифрованы в тексте)

Анализ образцов лекарственного растительного сырья, отобранного на территории Воронежской области, проводили с использованием аналитического комплекса на базе атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915МД [16]. В изучаемых образцах определяли содержание свинца, кадмия, ртути, мышьяка, так как именно эти элементы нормируются в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах, а также в сельскохозяйственной продукции и других продуктах питания. Кроме того, определяли содержание никеля, так как Воронежская область рассматривается как перспективный источник этого токсичного элемента [1].

Содержание ВРПС определяли по разработанной нами экспрессной методике с применением ультразвуковой ванны [17-18]: сырье измельчают до 0.2 – 0.5 мм, около 1 г (точная навеска) измельченного сырья помещают в колбу вместимостью 25 мл, прибавляют 10 мл кипящей воды очищенной, помещают в ультразвуковую ванну с частотой 35 КГц при температуре 80 °С, экстрагируют 40 мин. Экстракцию повторяют ещё 2 раза, прибавляя по 10 мл воды. Водные извлечения объединяют и фильтруют в мерную колбу вместимостью 50 мл через 10 слоев марли, фильтр промывают водой и доводят объём раствора до метки (раствор А). 5 мл раствора А помещают в кониче-

скую колбу на 25 мл, доводят 95 % спиртом этиловым до метки, перемешивают, охлаждают в морозильной камере при температуре -18°C в течение 1 ч. Затем содержимое колбы фильтруют через предварительно высушенный и взвешенный беззольный бумажный фильтр, проложенный в стеклянный фильтр ПОР 16 с диаметром 40 мм, под вакуумом (0.4-0.8 атм). Фильтр с осадком сушат сначала на воздухе, затем при температуре 100 - 105 °С до постоянной массы [17]. Содержание ВРПС вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(m_2 - m_1) * 100000}{m * (100 - W)}, \quad (2)$$

где: m_1 - масса высушенного фильтра, г; m_2 - масса высушенного фильтра с осадком, г; m — навеска сырья, г; W — потеря в массе сырья при высушивании, %.

Разница в результатах количественного определения ВРПС в корнях одуванчика лекарственного по ранее имеющимся методикам (30.01 ± 0.67 %) и по предложенной (32.89 ± 0.32) составляет 2.88 % [18]. Предлагаемая методика значительно ускоряет процесс извлечения ВРПС (время количественного анализа корней одуванчика ле-

карственного на содержание ВРПС не превышает 3.5 ч), и увеличивает по сравнению с другими методами экстрагирования выход основного продукта в среднем на 10% [18].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты исследований отобранных образцов лекарственного растительного сырья на содержание тяжелых металлов и ВРПС приведены в табл. 1.

Результаты исследования отобранных образцов корней одуванчика лекарственного показывают, в целом, экологически благополучное состояние изучаемого лекарственного растительного сырья. Из отобранных 51 образцов неудовлетворительными признаны лишь 2: собранные вблизи теплоэлектроцентрали «ВОГРЭС» и ООО «Бормаш» (Поворино), - в них превышено содержание мышьяка [16].

Содержание ВРПС в корнях одуванчика лекарственного, определяемое по разработанной нами методике, варьирует в диапазоне от 18.52 до 33.10% [19]. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что заметного влияния на накопление

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов и ВРПС в изучаемых образцах

№ п/п	Район сбора	Валовое содержание тяжелых металлов, мг/ кг					Содержание ВРПС, %
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	
1	Воронежский биосферный заповедник	1.87	0.003	0.03	0.12	0.93	32.89
2	Хоперский заповедник	1.76	0.004	0.04	0.09	0.87	31.17
3	Борисоглебский район (Губари)	1.49	0.003	0.02	0.10	0.67	33.10
4	Елань-Колено	1.10	0.004	0.04	0.12	1.03	28.59
5	Нижнедевицк	1.94	0.004	0.06	0.11	1.74	29.81
6	Острогожск	2.53	0.003	0.09	0.17	1.35	26.47
7	Семилуки	2.82	0.005	0.11	0.20	1.72	25.90
8	Нововоронеж	1.12	0.004	0.12	0.14	1.60	28.43
9	Воронеж-Нововоронеж (ВЛЭ)	2.35	0.003	0.16	0.20	2.13	18.52
10	Лискинский район	2.63	0.003	0.07	0.13	1.20	23.38
11	Ольховатский район	0.95	0.004	0.09	0.20	1.58	29.63
12	Подгоренский район	1.71	0.005	0.05	0.19	1.83	25.72
13	Петропавловский район	2.74	0.003	0.07	0.12	1.82	23.16
14	Грибановский район	2.72	0.004	0.12	0.15	0.91	23.53
15	Хохольский район	1.49	0.003	0.08	0.21	1.96	24.46
16	Новохоперский район	1.34	0.003	0.10	0.23	1.28	21.74
17	Репьевский район	1.51	0.003	0.13	0.20	1.83	25.23
18	Воробьевский район	1.08	0.004	0.15	0.15	2.03	27.31
19	Панинский район	3.02	0.004	0.17	0.22	1.29	19.64
20	Верхнехавский район	3.63	0.003	0.11	0.25	1.92	28.29
21	Эртиль	3.73	0.005	0.10	0.12	1.70	29.60
22	Россошанский район	2.84	0.004	0.09	0.21	1.98	21.65
23	Россошь (Химическое предприятие ОАО «Минудобрения»)	3.83	0.006	0.15	0.43	2.85	30.53
24	Поворино	4.83	0.006	0.18	0.56	4.14	31.53
25	Борисоглебск	2.85	0.005	0.15	0.21	2.36	26.30
26	Калач	3.04	0.005	0.12	0.21	2.80	30.35
27	Вблизи теплоэлектроцентрали «ВОГРЭС»	2.10	0.005	0.14	0.68	2.91	24.78
28	Вблизи химического предприятия по производству синтетического каучука ООО «Сибур»	3.09	0.005	0.09	0.24	2.68	26.76

Таблица 1 (Продолжение)

Содержание тяжелых металлов и ВРПС в изучаемых образцах

№ п/п	Район сбора	Валовое содержание тяжелых металлов, мг/ кг					Содержание ВРПС, %
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	
29	Вдоль низовья Воронежского водохранилища	2.04	0.004	0.13	0.21	2.07	22.62
30	Вблизи периметрового ограждения Воронежского аэропорта	4.36	0.006	0.14	0.23	2.57	31.42
31	Улица города	2.39	0.005	0.12	0.25	2.85	25.32
32	Вдоль трассы М4 (смешанный лес) (Рамонский район)	3.27	0.006	0.17	0.27	3.83	28.75
33	100 м от трассы М4 (смешанный лес) (Рамонский район)	2.53	0.006	0.17	0.25	3.06	27.21
34	200 м от трассы М4 (смешанный лес) (Рамонский район)	1.95	0.004	0.11	0.18	2.98	25.64
35	300 м от трассы М4 (смешанный лес) (Рамонский район)	1.37	0.004	0.10	0.19	2.02	25.38
36	Вдоль трассы А144 (лесостепь) (Анна)	2.80	0.005	0.12	0.24	3.35	26.39
37	100 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)	2.46	0.006	0.04	0.18	2.94	25.31
38	200 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)	2.02	0.006	0.03	0.14	2.78	26.11
39	300 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)	1.49	0.005	0.03	0.12	2.34	26.04
40	Вдоль трассы М4 (степная зона) (Павловск)	2.50	0.006	0.13	0.16	2.73	25.19
41	100 м от трассы М4 (степная зона)(Павловск)	2.15	0.006	0.09	0.15	2.32	24.50
42	200 м от трассы М4 (степная зона)(Павловск)	1.74	0.005	0.10	0.12	1.73	24.10
43	300 м от трассы М4 (степная зона)(Павловск)	1.86	0.005	0.08	0.11	1.47	24.03
44	Вдоль нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	1.47	0.004	0.09	0.20	2.17	25.35
45	100 м от нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	1.13	0.003	0.08	0.20	2.04	23.84
46	200 м от нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	1.04	0.003	0.08	0.15	1.73	23.65
47	300 м нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	1.17	0.003	0.08	0.15	1.28	24.81
48	Вдоль железной дороги (Рамонский район)	2.64	0.004	0.13	0.37	2.84	27.40
49	100 м от железной дороги (Рамонский район)	1.94	0.005	0.09	0.32	2.52	24.84
50	200 м от железной дороги (Рамонский район)	1.73	0.004	0.05	0.25	2.24	25.49
51	300 м от железной дороги (Рамонский район)	1.52	0.004	0.05	0.20	2.36	24.62
Среднее для Воронежской области		2.35	0.004	0.10	0.21	1.97	26.21
ПДК [3]		6.0	0.1	1.0	0.5	-	-

этой группы соединений антропогенное влияние не оказывает: образцы, собранные в экологически благоприятных зонах, мало отличаются по количественному содержанию ВРПС от образцов из экологически неблагоприятных районов [20]. Для детального анализа влияния содержания в растениях тяжелых металлов на накопление биологически активных веществ были рассчитаны коэффициенты корреляции (табл. 2) [1].

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что на накопление на накопление гравиметрически определяемых ВРПС корней одуванчика лекарственного данные элементы

особого влияния не оказали, судя по рассчитанным коэффициентам корреляции [1].

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. Автореф. дис. канд. биол. наук. Воронеж, 2013, 21 с.
3. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Мындра А.А //Химико-фармацевтический журнал, 2015, Т. 49, №6, С. 25-28.

Таблица 2.

Коэффициенты корреляции между содержанием тяжелых металлов и ВРПС в корнях одуванчика лекарственного

Коэффициенты корреляции				
Свинец	Ртуть	Кадмий	Мышьяк	Никель
0.23	0.24	-0.13	0.06	0.08

4. Великанова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация, 2012, №2, С. 238-244.
5. Schültz K., Carle R., Schieber A. // J. Ethnopharmacol. 2006. V. 107. Pp. 313-323.
6. Taraxacum officinale. Monograph // Altern. Med. Rev. 1999. V. 4. Pp. 112-114.
7. Yanovsky E., Kingsbury R.M. // J. Am. Chem. Soc. 1931. V. 53. Pp. 1597-1601.
8. Bacon J.S.D., Edelman J. // Biochem. J. 1951. V. 48. Pp. 114-126.
9. Rutherford P.P., Deacon A.C. // Biochem. J. 1972. V. 129. Pp. 511-512.
10. Rutherford P.P., Deacon A.C. // Ann. Bot. 1974. V. 38. Pp. 251-260.
11. Ernst M., Chatterton N.J., Harrison P.A. // New Phytol. 1996. V. 132. Pp. 63-66.
12. Trojanová I., Rada V., Kokoška L., Vlková E. // Fitoterapia. 2004. V. 75. Pp. 760-763.
13. Ku Y., Jansen O., Oles C.J., Lazar E.Z., Rader J.I. // Food Chem. 2003. V. 81. Pp. 125-132.
14. Ананьина Н.А., Андреева О.А., Мыкоц Л.П. // Химико-фармацевтический журнал, 2009, №3, С. 35-37.
15. Корж А.П., Гурьев А.М., Белоусов М.В. // Химико-фармацевтический журнал, 2012, №4, С. 23-25.
16. ОФС.1.5.3.0009.15 Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах.
17. Шушунова Т.Г., Дьякова Н.А., Сливкин А.И. Гапонов С.П. // «Фармобразование-2016», Материалы VI Международной научно-методической конференции, 21-23 апреля 2016 г., Воронеж, 2016, с.609-612.
18. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Мындра А.А Патент РФ, № 2635996 РФ, 2017 г.
19. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Михайловская И.Ю. // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация, 2016, №. 4, С. 133-136
20. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Мындра А.А // Химико-фармацевтический журнал, 2015, Т. 49, №9, с. 35-38.

*Воронежский государственный университет
Дьякова Н. А., к.б.н., асс. каф. фармацевтической химии и фармацевтической технологии*

Тел.: +7 920 412-53-52

E-mail: ninochka_v89@mail.ru

Мындра А. А., инженер кафедры фармации

Тел.: +7 929 007-71-01

E-mail: ann6122@yandex.ru

Сливкин А. И., д.фарм.н., проф., зав. каф. фармацевтической химии и фармацевтической технологии

Тел.: +7 (473) 255-47-76

E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Гапонов С. П., д.б.н., проф., зав. каф. зоологии и паразитологии

Тел.: +7 (473) 220-88-61

E-mail: gaponov2003@mail.ru

Voronezh State University

Dyakova N. A., PhD, Assistant Professor, Dept. of the pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology

Ph.: +7 920 412-53-52

E-mail: ninochka_v89@mail.ru

Mundra A.A., engineer of dept. of a pharmaceuticals

Ph.: +7 929 007-71-01

E-mail: ann6122@yandex.ru

Slivkin A. Y., PhD, DSci, Full Professor, Head of the pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology department

Ph.: +7 (473) 255-47-76

E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Gaponov S. P., PhD, DSci, Full Professor, Head of the Department of Zoology and Parasitology

Ph.: +7 (473) 220-88-61

E-mail: gaponov2003@mail.ru

FEATURES OF ACCUMULATION OF WATER-SOLUBLE POLYSACCHARIDES ROOTS OF THE TARAXACUM OFFICINALE

N. A. Dyakova, A. A. Mundra, A. Y. Slivkin, S. P. Gaponov
Voronezh State University

Abstract. The interrelation between accumulation of serious metals and water-soluble polysaccharides in the medicinal vegetable raw materials collected in the territory of the Voronezh region in the natural

biogeocenoses which are influenced various anthropogenic influence is studied. For carrying out researches on the basis of already available literary and cartographical review over 50 points of sampling of soils and medicinal vegetable raw materials were chosen as us. The choice of the explored districts is caused by the nature of specific anthropogenic impact on it. As an object of a research it was decided to use roots of a *Taraxacum officinale* F.H. Wigg. - the medicinal vegetable raw materials collected, as a rule, from wild-growing organisms being characteristic representatives as natural vegetable communities, and urbanoflor. The selected samples were studied on the content of serious metals (lead, Hydrargyrum, cadmium, arsenic, nickel). The analysis of samples of medicinal vegetable raw materials was carried out with use of an analytical complex on the basis of an atomic and absorbing spectrometer with electrothermal atomization of MGA-915 MD. Definition of the main biologically active agents (water-soluble polysaccharides) was carried out by the developed earlier express technique with use of an ultrasonic bathtub. The offered technique considerably accelerates process of extraction of water-soluble polysaccharides (time of the quantitative analysis of roots of a *Taraxacum officinale* is reduced to 3.5 h), and enlarges in comparison with other methods of extraction an exit of the main product on average by 10%. Results of a research of the selected samples of roots of a *Taraxacum officinale* show, in general, ecologically safe condition of the studied medicinal vegetable raw materials. From the selected images only two are recognized as unsatisfactory: the combined heat and power plants of "VOGRES" and LLC Bormash (Povorino) which are brought together close, - in them the content of arsenic is exceeded. The maintenance of water-soluble polysaccharides in roots of a *Taraxacum officinale* varies in the range from 18.52 to 33.10%. Analyzing the obtained data, it is possible to draw a conclusion that anthropogenic influence doesn't exert noticeable impact on accumulation of this group of bonds: the samples collected in ecologically favorable zones differ on the quantitative maintenance of water-soluble polysaccharides from samples from ecologically unsuccessful districts a little. It is confirmed also by the calculated correlation coefficients.

Keywords: Central Black Earth, *Taraxacum officinale*, heavy metals, water-soluble polysaccharides.

REFERENCES

1. Velikanova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. Jekoocenka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ja v urbouslovijah g. Voronezha. LAMBERT Academic Publishing, 2013, 211 s.
2. Velikanova N.A. Avtoref. dis. kand. biol. nauk. Voronezh, 2013, 21 s.
3. D'jakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A //Himiko-farmaceuticheskij zhurnal, 2015, T. 49, №6, S. 25-28.
4. Velikanova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. // Vestnik VGU. Serija: Himija, Biologija, Farmacija, 2012, №2, S. 238-244.
5. Schültz K., Carle R., Schieber A. // J. Ethnopharmacol. 2006. V. 107. Pp. 313-323.
6. *Taraxacum officinale*. Monograph // Altern. Med. Rev. 1999. V. 4. Pp. 112-114.
7. Yanovsky E., Kingsbury R.M. // J. Am. Chem. Soc. 1931. V. 53. Pp. 1597-1601.
8. Bacon J.S.D., Edelman J. // Biochem. J. 1951. V. 48. Pp. 114-126.
9. Rutherford P.P., Deacon A.C. // Biochem. J. 1972. V. 129. Pp. 511-512.
10. Rutherford P.P., Deacon A.C. // Ann. Bot. 1974. V. 38. Pp. 251-260.
11. Ernst M., Chatterton N.J., Harrison P.A. // New Phytol. 1996. V. 132. Pp. 63-66.
12. Trojanová I., Rada V., Kokoška L., Vlková E. // Fitoterapia. 2004. V. 75. Pp. 760-763.
13. Ku Y., Jansen O., Oles C.J., Lazar E.Z., Rader J.I. // Food Chem. 2003. V. 81. Pp. 125-132.
14. Anan'ina N.A., Andreeva O.A., Mykoc L.P // Himiko-farmaceuticheskij zhurnal, 2009, №3, S. 35-37.
15. Korzh A.P., Gur'ev A.M., Belousov M.V. // Himiko-farmaceuticheskij zhurnal, 2012, №4, S. 23-25.
16. OFS.1.5.3.0009.15 Opređenje soderžhanija tjazhelyh metallov i mysh'jaka v lekarstvennom rastitel'nom syr'e i lekarstvennyh rastitel'nyh preparatah.
17. Shushunova T.G., D'jakova N.A., Slivkin, A.I. Gaponov S.P. // «Farmobrazovanie-2016», Materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoj konferencii, 21-23 aprelja 2016 g., Voronezh, 2016, s.609-612.
18. D'jakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A Patent RF, № 2635996 RF, 2017 g.
19. D'jakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. , Mihajlovskaja I.Ju. // Vestnik VGU. Serija: Himija, Biologija, Farmacija, 2016, №. 4, S. 133-136
20. D'jakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A // Himiko-farmaceuticheskij zhurnal, 2015, T. 49, №9, s. 35-38.