

## СРАВНЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТОКСИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЦВЕТКАМИ ЛИПЫ СЕРДЦЕВИДНОЙ И ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

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

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 06.10.2016 г.

**Аннотация.** Проведен экологический анализ загрязнения тяжелыми металлами верхних слоев почв и лекарственного растительного сырья липы сердцевидной и пижмы обыкновенной, собранного в Воронежской области. Результаты исследования отобранных образцов цветков пижмы обыкновенной и цветков липы сердцевидной показывают экологически благополучное состояние изучаемого лекарственного растительного сырья. Для всех образцов рассчитаны коэффициенты накопления токсичных элементов. Выявлено, что для цветков пижмы обыкновенной характерны более высокие значения коэффициентов накопления токсичных элементов.

**Ключевые слова:** Воронежская область, цветки липы сердцевидной, цветки пижмы обыкновенной, коэффициенты накопления, тяжелые металлы.

**Abstract.** The ecological analysis of pollution by heavy metals of the top layers of soils and medicinal vegetable raw materials of a *Tilia cordata* and *Tanacetum vulgare*, collected in the Voronezh region is carried out. Results of a research of the selected samples of flowers of a *Tanacetum vulgare* and flowers of a *Tilia cordata* show ecologically safe condition of the studied medicinal vegetable raw materials. For all samples coefficients of accumulation of toxic elements are calculated. It is revealed that higher values of coefficients of accumulation of toxic elements are characteristic of flowers of a tansy ordinary.

**Keywords:** Voronezh region, flowers of *Tilia cordata*, flowers of *Tanacetum vulgare*, accumulation coefficients, heavy metals.

Значительная часть заготовок лекарственного растительного сырья сосредоточена в Центральном Черноземье. Освоение минеральных ресурсов, интенсивные технологии в сельском хозяйстве, связанные с использованием пестицидов, сточные воды крупных предприятий, последствия Чернобыльской трагедии - все эти факторы резко обострили проблему обеспечения медицины и фармации промышленности растительным сырьем в необходимом объеме и ассортименте. Загрязненное лекарственное растительное сырье и фитопрепараты, полученные из такого сырья, являются одним из источников поступления поллютантов в организм человека [1,2]. Наиболее опасными загрязнителями биосферы в настоящее

время считаются тяжелые металлы в силу их способности к миграции по биологическим цепям [3,4].

Цель исследования - оценка экологического состояния верхних слоев почв и лекарственного растительного сырья Воронежской области и выявление аккумулялирующих способностей дикорастущего лекарственного сырья в отношении тяжелых металлов.

### 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 «Воронежский Гипрокаучук» (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), Острожский (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 железных дорог. Отборы образцов проводились вдоль дорог, и на расстоянии 100 м, 200

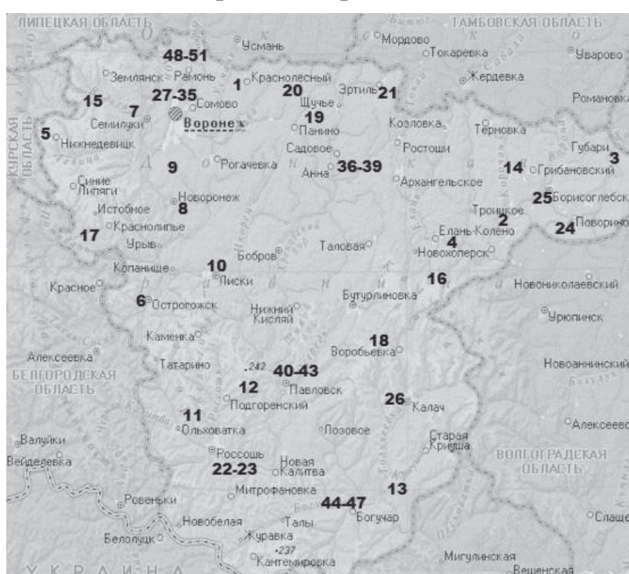


Рис. 1. Карта отбора образцов почв и лекарственного растительного сырья (обозначения расшифрованы в тексте)

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 нескоростная автомобильная дорога (Богучарский район) (44-47) и железная дорога (Рамонский район) (48-51). Для сбора образцов выбирались естественные биогеоценозы.

В качестве объектов исследования решено было использовать цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) и цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) - лекарственного растительного сырья, собираемого, как правило, от дикорастущих организмов. Кроме того, данные виды сырья заготавливаются от разных жизненных форм растений: цветки пижмы обыкновенной производятся травянистой формой, а цветки липы сердцевидной – древесной.

Интенсивность переноса тяжелых металлов из почвы в лекарственное растительное сырье характеризует коэффициент накопления (КН), расчеты которого проводили по формуле (1):

$$(1)$$

где КН – коэффициент накопления тяжелого металла;  $C_{\text{ЛРС}}$  – концентрация тяжелого металла в лекарственном растительном сырье;  $C_{\text{почва}}$  – концентрация тяжелого металла в верхних слоях почвы [1,3].

Анализ образцов почв и лекарственного растительного сырья, отобранных на территории Воронежской области, проводился с использованием аналитического комплекса на базе атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915МД. Анализы проводились с двумя параллельными опытами, среднее арифметическое двух параллельных – результат определения одной пробы.

В изучаемых образцах определялось 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, Воронежская область в последнее время рассматривается как перспективный источник никеля. Поэтому решено было также изучить существующую на настоящий момент загрязненность верхних слоев почв и лекарственного растительного сырья региона соединениями никеля.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ полученных данных показывает, в целом, благополучное состояние верхних слоев почв в отношении загрязнения тяжелыми металлами. Из 51 исследованных образцов неудовлетворительными по содержанию тяжелых металлов оказались 8 почв. При этом наибольшее влияние на состояние литосферы оказывают химические предприятия - ООО «Бормаш» (образец забракован по 4 из 5 показателей) и ОАО «Минудобрения» (образец забракован по 2 из 5 показателей). Кроме того, к наиболее важным загрязнителям почв Воронежской области стоит отнести Воронежский аэропорт, ТЭЦ «ВОГРЭС», а также авто-

мобильную трассу М4 и железную дорогу (на расстоянии 0-100 м от транспортных магистралей).

Результаты исследования отобранных образцов цветков пижмы обыкновенной и цветков липы сердцевидной показывают экологически благополучное состояние изучаемого лекарственного растительного сырья. Все образцы признаны удовлетворительными по содержанию в них тяжелых металлов [5].

Однако чтобы объективно оценить способность изучаемого нами сырья к накоплению тяжелых металлов, необходимо было рассчитать коэффициенты их накопления лекарственным растением (табл. 1,2).

Таблица 1.

Коэффициенты накопления тяжелых металлов в образцах цветков пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare L.*)

№ п/п	Район сбора	Коэффициенты накопления тяжелых металлов				
		Pb	Hg	Cd	As	Ni
1	Воронежский биосферный заповедник	0.03	0.00	1.00	0.02	0.92
2	Хоперский заповедник	0.02	0.00	0.43	0.05	0.31
3	Борисоглебский район (Губари)	0.02	0.00	0.33	0.05	0.60
4	Елань-Колено	0.04	0.05	0.67	0.09	0.41
5	Нижнедевицк	0.02	0.00	0.13	0.05	1.46
6	Острогожск	0.02	0.10	0.11	0.08	0.25
7	Семилуки	0.02	0.10	0.40	0.05	0.23
8	Нововоронеж	0.03	0.03	0.50	0.16	0.77
9	Воронеж-Нововоронеж (ВЛЭ)	0.01	0.04	0.09	0.04	0.11
10	Лискинский район	0.02	0.06	0.09	0.11	1.30
11	Ольховатский район	0.07	0.00	0.06	0.06	0.20
12	Подгоренский район	0.06	0.00	0.13	0.05	0.17
13	Петропавловский район	0.04	0.04	0.15	0.08	1.63
14	Грибановский район	0.04	0.15	0.57	0.08	0.17
15	Хохольский район	0.05	0.00	0.17	0.02	0.15
16	Новохоперский район	0.05	0.30	0.15	0.06	0.44
17	Репьевский район	0.06	0.00	0.18	0.04	0.33
18	Воробьевский район	0.06	0.00	0.20	0.09	0.29
19	Панинский район	0.01	0.02	0.13	0.07	0.18
20	Верхнехавский район	0.02	0.03	0.13	0.07	0.39
21	Эртиль	0.01	0.02	0.17	0.10	0.10
22	Россошанский район	0.02	0.00	0.08	0.04	0.18
23	Россошь (Химическое предприятие ОАО «Минудобрения»)	0.01	0.03	0.13	0.01	0.12
24	Поворино	0.01	0.05	0.11	0.01	0.04
25	Борисоглебск	0.01	0.06	0.13	0.02	0.45
26	Калач	0.01	0.15	0.38	0.08	0.14
27	Вблизи теплоэлектроцентрали «ВОГРЭС»	0.03	0.02	0.67	0.01	0.33
28	Вблизи химического предприятия ООО «Воронежский Гипрокаучук»	0.01	0.01	0.25	0.06	0.40
29	Вдоль низовья Воронежского водохранилища	0.02	0.00	0.25	0.02	0.30

Таблица 1. (Продолжение)

Коэффициенты накопления тяжелых металлов в образцах цветков пижмы обыкновенной  
(*Tanacetum vulgare L.*)

№ п/п	Район сбора	Коэффициенты накопления тяжелых металлов				
		Pb	Hg	Cd	As	Ni
30	Вблизи периметрового ограждения Воронежского аэро-порта	0.01	0.03	0.24	0.06	0.19
31	Улица города	0.02	0.01	0.32	0.04	0.50
32	Вдоль трассы М4 (смешанный лес) (Рамонский район)	0.01	0.02	0.10	0.05	0.10
33	100 м от трассы М4 (смешанный лес)(Рамонский район)	0.02	0.04	0.12	0.04	0.12
34	200 м от трассы М4 (смешанный лес)(Рамонский район)	0.02	0.15	0.19	0.03	0.23
35	300 м от трассы М4 (смешанный лес)(Рамонский район)	0.02	0.15	0.20	0.03	0.25
Среднее трасса М4 (Рамонский район)		0.02	0.05	0.13	0.04	0.14
36	Вдоль трассы А144 (лесостепь) (Анна)	0.01	0.10	0.15	0.07	0.10
37	100 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)	0.01	0.15	0.17	0.05	0.10
38	200 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)	0.01	0.15	0.23	0.05	0.12
39	300 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)	0.02	0.15	0.33	0.03	0.17
Среднее трасса А144 (Анна)		0.01	0.14	0.19	0.05	0.11
40	Вдоль трассы М4 (степная зона) (Павловск)	0.01	0.15	0.22	0.06	0.08
41	100 м от трассы М4 (степная зона)(Павловск)	0.01	0.15	0.21	0.07	0.10
42	200 м от трассы М4 (степная зона)(Павловск)	0.02	0.30	0.21	0.05	0.13
43	300 м от трассы М4 (степная зона)(Павловск)	0.02	0.30	0.24	0.04	0.30
Среднее трасса М4 (Павловск)		0.01	0.20	0.22	0.06	0.11
44	Вдоль нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	0.02	0.15	0.23	0.04	0.45
45	100 м от нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	0.04	0.00	0.33	0.04	0.49
46	200 м от нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	0.04	0.00	0.50	0.02	0.51
47	300 м нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	0.05	0.00	0.50	0.03	0.58
Среднее нескоростная автомобильная дорога (Богучар)		0.03	0.06	0.33	0.03	0.50
48	Вдоль железной дороги (Рамонский район)	0.01	0.00	0.05	0.06	0.08
49	100 м от железной дороги (Рамонский район)	0.02	0.01	0.06	0.06	0.11
50	200 м от железной дороги (Рамонский район)	0.04	0.04	0.04	0.05	0.20
51	300 м от железной дороги (Рамонский район)	0.05	0.10	0.05	0.04	0.32
Среднее железная дорога (Рамонский район)		0.02	0.01	0.05	0.05	0.12
Среднее для Воронежской области		0.02	0.03	0.16	0.05	0.18

Табл. 2

Коэффициенты накопления тяжелых металлов в образцах цветков липы сердцевидной (*Tilia cordata Mill.*)

№ п/п	Район сбора	Коэффициенты накопления тяжелых металлов				
		Pb	Hg	Cd	As	Ni
1	Воронежский биосферный заповедник	0.03	0.00	0.00	0.01	0.40
2	Хоперский заповедник	0.02	0.00	0.00	0.02	0.13
3	Борисоглебский район (Губари)	0.03	0.00	0.00	0.02	0.22
4	Елань-Колено	0.03	0.00	0.00	0.01	0.14
5	Нижедевицк	0.01	0.03	0.13	0.03	0.75
6	Острогожск	0.02	0.00	0.00	0.01	0.11
7	Семилуки	0.01	0.10	0.00	0.02	0.12
8	Нововоронеж	0.03	0.00	0.50	0.04	0.21

Таблица 2. (Продолжение)

Коэффициенты накопления тяжелых металлов в образцах цветков липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.)

№ п/п	Район сбора	Коэффициенты накопления тяжелых металлов				
		Pb	Hg	Cd	As	Ni
9	Воронеж-Нововоронеж (ВЛЭ)	0.01	0.04	0.09	0.01	0.04
10	Лискинский район	0.01	0.04	0.00	0.03	0.81
11	Ольховатский район	0.08	0.00	0.03	0.01	0.14
12	Подгоренский район	0.04	0.00	0.00	0.02	0.06
13	Петропавловский район	0.04	0.03	0.04	0.04	0.72
14	Грибановский район	0.02	0.00	0.00	0.01	0.09
15	Хохольский район	0.04	0.07	0.00	0.01	0.08
16	Новохоперский район	0.04	0.00	0.00	0.01	0.16
17	Репьевский район	0.04	0.00	0.06	0.01	0.15
18	Воробьевский район	0.06	0.03	0.10	0.03	0.16
19	Панинский район	0.02	0.00	0.00	0.01	0.06
20	Верхнехавский район	0.02	0.00	0.07	0.01	0.19
21	Эртиль	0.01	0.02	0.08	0.03	0.06
22	Россошанский район	0.02	0.00	0.04	0.02	0.08
23	Россошь (Химическое предприятие ОАО «Минудобрения»)	0.01	0.03	0.08	0.01	0.04
24	Поворино	0.01	0.05	0.07	0.01	0.02
25	Борисоглебск	0.01	0.04	0.04	0.02	0.19
26	Калач	0.01	0.10	0.00	0.02	0.05
27	Вблизи теплоэлектростанции «ВОГРЭС»	0.02	0.00	0.44	0.01	0.20
28	Вблизи химического предприятия ООО «Воронежский Гипрокаучук»	0.01	0.02	0.25	0.05	0.23
29	Вдоль низовья Воронежского водохранилища	0.01	0.00	0.00	0.01	0.08
30	Вблизи периметрового ограждения Воронежского аэропорта	0.01	0.02	0.10	0.01	0.08
31	Улица города	0.01	0.01	0.00	0.02	0.15
32	Вдоль трассы М4 (смешанный лес) (Рамонский район)	0.01	0.03	0.07	0.01	0.03
33	100 м от трассы М4 (смешанный лес)(Рамонский район)	0.01	0.03	0.09	0.02	0.04
34	200 м от трассы М4 (смешанный лес)(Рамонский район)	0.01	0.10	0.14	0.02	0.08
35	300 м от трассы М4 (смешанный лес)(Рамонский район)	0.01	0.10	0.05	0.01	0.10
Среднее трасса М4 (Рамонский район)		0.01	0.04	0.08	0.01	0.04
36	Вдоль трассы А144 (лесостепь) (Анна)	0.01	0.10	0.12	0.01	0.03
37	100 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)	0.01	0.10	0.10	0.01	0.04
38	200 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)	0.01	0.10	0.23	0.02	0.04
39	300 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)	0.01	0.10	0.22	0.01	0.08
Среднее трасса А144 (Анна)		0.01	0.10	0.14	0.01	0.04
40	Вдоль трассы М4 (степная зона) (Павловск)	0.01	0.10	0.15	0.02	0.03
41	100 м от трассы М4 (степная зона)(Павловск)	0.01	0.10	0.17	0.02	0.03
42	200 м от трассы М4 (степная зона)(Павловск)	0.01	0.20	0.16	0.02	0.05
43	300 м от трассы М4 (степная зона)(Павловск)	0.01	0.20	0.18	0.02	0.14
Среднее трасса М4 (Павловск)		0.01	0.13	0.16	0.02	0.04
44	Вдоль нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	0.02	0.00	0.23	0.01	0.16
45	100 м от нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	0.03	0.00	0.33	0.01	0.14



Таблица 2. (Продолжение)

Коэффициенты накопления тяжелых металлов в образцах цветков липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.)

№ п/п	Район сбора	Коэффициенты накопления тяжелых металлов				
		Pb	Hg	Cd	As	Ni
46	200 м от нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	0.03	0.00	0.25	0.01	0.16
47	300 м нескоростной автомобильной дороги (Богучар)	0.03	0.00	0.25	0.01	0.18
Среднее нескоростная автомобильная дорога (Богучар)		0.02	0.00	0.27	0.01	0.16
48	Вдоль железной дороги (Рамонский район)	0.01	0.00	0.08	0.01	0.03
49	100 м от железной дороги (Рамонский район)	0.02	0.00	0.08	0.01	0.03
50	200 м от железной дороги (Рамонский район)	0.03	0.00	0.02	0.01	0.07
51	300 м от железной дороги (Рамонский район)	0.03	0.00	0.03	0.01	0.09
Среднее железная дорога (Рамонский район)		0.01	0.00	0.06	0.01	0.04
Среднее для Воронежской области		0.01	0.02	0.06	0.01	0.07

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значения коэффициентов накопления токсичных элементов цветками пижмы обыкновенной максимальны для никеля и составляют 0.18 (варьируют в зависимости от места сбора от 0.08 до 1.63). Коэффициенты накопления свинца для цветков пижмы обыкновенной составили 0.01-0.07, ртути – 0-0.30, кадмия – 0.04-1.00, мышьяка – 0.02-0.10, при средних по региону 0.02, 0.03, 0.16, 0.05 соответственно.

Цветки липы сердцевидной отличаются минимальными коэффициентами накопления тяжелых металлов: свинец – от 0.01 до 0.06, ртуть – от 0 до 0.20, кадмий – от 0 до 0.33, мышьяк – от 0.01 до 0.04, никель – от 0.03 до 0.72, при этом средние значения коэффициентов накопления элементов не превышают 0.07, что характеризует цветки липы сердцевидной как один из самых экологически безопасных видов сырья.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Великанова Н.А. Анализ экологического состояния почв и оценка поглощения тяжелых металлов лекарственными растениями (горцем птичьим и подорожником большим) в городе Воронеже и его окрестностях / Н.А. Великанова, С.П.

Гапонов, А.И. Сливкин // Экология урбанизированных территорий. — 2012. — №4. — С.102-106.

2. Великанова Н.А. Изучение динамики накопления тяжелых металлов травой горца птичьего и листьями подорожника большого в процессе вегетации в городе Воронеже и его окрестностях / Н.А. Великанова, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 5. — с.294; URL: <http://www.science-education.ru/105-7235>.

3. Великанова Н.А. Экологическая оценка состояния лекарственного растительного сырья (на примере *Polygonum aviculare* L. и *Plantago major* L.) в урбоусловиях г. Воронежа и его окрестностей: автореф. дис. канд. биол. наук / Н.А. Великанова. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 2013. — 21 с.

4. 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.) / Н.А. Дьякова [и др.] // Химико-фармацевтический журнал. — 2015. — Т. 49, №6. — С. 25-28.

5. ОФС.1.5.3.0009.15 Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах.

Воронежский государственный университет  
Дьякова Н. А., к.б.н., асс. каф. фармацевтической химии и фармацевтической технологии  
E-mail: [ninotchka\\_v89@mail.ru](mailto:ninotchka_v89@mail.ru)  
Тел.: +7 920 412-53-52

Voronezh state university  
Dyakova N. A., PhD., Assistant Professor, Dept. of pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology  
E-mail: [ninotchka\\_v89@mail.ru](mailto:ninotchka_v89@mail.ru)  
Ph.: +7 920 412-53-52

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

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

*E-mail: [slivkin@pharm.vsu.ru](mailto:slivkin@pharm.vsu.ru)*

*Тел.: 255-47-76.*

*Slivkin A. I., Full Professor, PhD, Dsci, Head of the pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology department*

*E-mail: [slivkin@pharm.vsu.ru](mailto:slivkin@pharm.vsu.ru)*

*Ph.: 255-47-76*

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

*E-mail: [gaponov2003@mail.ru](mailto:gaponov2003@mail.ru)*

*Тел.: +7 (473) 220-88-61.*

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

*E-mail: [gaponov2003@mail.ru](mailto:gaponov2003@mail.ru)*

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