



**РАЦИОНАЛЬНОЕ
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**RATIONAL NATURE USE
AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

УДК 631.95:615.322:636.028

DOI:10.31677/2311-0651-2020-28-2-80-88

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНО-СПИРТОВЫХ
НАСТОЕВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТОКСИКАЦИИ СВИНЦОМ И КАДМИЕМ**

Ю.И. Коваль, кандидат биологических наук, доцент

Т.И. Бокова, доктор биологических наук, профессор

А.Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: chemi_ngau@mail.ru

Ключевые слова: антропогенные загрязнители, кадмий, свинец, водно-спиртовые настои, крапива двудомная, мать-и-мачеха обыкновенная, бадан толстолистный, лопух большой.

Реферат. Приводятся результаты изучения особенностей воздействия водно-спиртовых настоев лекарственных растений – корневищ бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* L. Fritsch), листьев крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), корней лопуха большого (*Arctium lappa* L.) и листьев мать-и-мачехи обыкновенной (*Tussilago farfara* L.) на организм лабораторных крыс в условиях кратковременной интоксикации тяжелыми металлами в дозировках 25 мг свинца и 2,5 мг кадмия на 1 кг живой массы. В ходе исследований установлено, что воздействие тяжелых металлов на организм лабораторных животных имеет избирательный характер – основным «депо» свинца явилась костная ткань, а кадмия – почки и печень. Добавление к рациону крыс 1 мл водно-спиртовых настоев из лекарственного сырья в качестве детоксикантов вызвало снижение уровня свинца в организме животных до 6,32 раза, кадмия – до 3,46 раза. Наибольшую детоксикационную способность проявили настои корней лопуха большого и листьев крапивы двудомной. Под влиянием повышенных доз свинца и кадмия у лабораторных животных произошло увеличение массы сердца на 40,34 % и селезенки на 89,91 %, снижение содержания щелочной фосфатазы в сыворотке крови на 25,81 %. Водно-спиртовые настои нормализовали биохимические показатели сыворотки крови крыс. Проведенные исследования показали, что настои корневищ бадана толстолистного, корней лопуха большого, листьев крапивы двудомной и мать-и-мачехи, обладающие антиоксидантными свойствами, могут являться основой для разработки эффективного растительного препарата, используемого в целях профилактики и лечения животных от интоксикации солями тяжелых металлов.

USE OF WATER-ALCOHOLS
TREATMENT OF MEDICINAL PLANTS UNDER CONDITIONS
MODELING INTOXICATION BY LEAD AND CADMIUM

Yu.I. Koval, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

T.I. Bokova, Doctor of Biological Sciences, Professor

A.F. Petrov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Agrarian University

Keywords: anthropogenic pollutants, cadmium, lead, water-alcohol infusions, dioica nettle, coltsfoot, vegan, frangipani, large burdock.

Abstract. The results of studying the effects of water-alcohol infusions of medicinal plants – rhizomes of thick-leafed incense (Bergenia crassifolia L. Fritsch), dioica nettle leaves (Urtica dioica L.), burdock roots (Arctium lappa L.), and mother-and-leaf leaves – are presented. ordinary machichi (Tussilago farfara L.) on the organism of laboratory rats under conditions of short-term intoxication with heavy metals in doses of 25 mg of lead and 2.5 mg of cadmium per 1 kg of live weight. In the course of studies it was found that the effect of heavy metals on the body of laboratory animals is selective – the main “depot” of lead was bone tissue, and cadmium – the kidneys and liver. The addition of 1 ml of water-alcohol infusions from medicinal raw materials to the diet of rats as detoxicants caused a decrease in the level of lead in the animal organism to 6.32 times, cadmium to 3.46 times. The greatest detoxification ability was shown by infusions of the roots of burdock and leaves of nettle dioecious. Under the influence of elevated doses of lead and cadmium in laboratory animals there was an increase in heart mass by 40.34 % and spleen by 89.91 %, a decrease in the content of alkaline phosphatase in blood serum by 25.81 %. Water-alcohol infusions normalized the biochemical parameters of rat blood serum. Studies have shown that the infusions of rhizomes of thick-leafed frangipani, burdock roots, dioecious nettles and coltsfoot leaves with antioxidant properties can be the basis for the development of an effective herbal preparation used for the prevention and treatment of animals from intoxication with salts of heavy metals.

Изучение антропогенного загрязнения окружающей среды в настоящее время приобрело исключительно важное значение, поскольку многие из накапливающихся в воздухе, воде и почвах химических ингредиентов чрезвычайно опасны для живых организмов. Самого пристального внимания заслуживает техногенное накопление тяжелых металлов (ТМ). Они обладают высокой кумулятивной способностью, поэтому их опасность заключается в возможных отдаленных последствиях, которые могут быть инициированы или спровоцированы опосредованным влиянием накопления металлов, особенно в почвах – начальном звене пищевой цепи. Столь же актуально изучение загрязненности дикоросов и сельскохозяйственных культур, так как до 70–80 % от общего количества тяжелых металлов, поступающих в организм человека, приходится на растительную продукцию [1, 2].

Природное растительное сырье богато биологически активными веществами, содержащими в своем составе большое количество функциональных групп (–ОН, –СООН и др.). Наличие функциональных групп обеспечивает способность соединений, содержащихся в данном сырье, связывать токсиканты и выводить их из организма [3].

В листьях крапивы содержатся: аскорбиновая кислота (до 600 мг%), витамин К (1,5–4 мг%), каротиноиды – бета-каротин и ксантофил (50 мг%), каротин (10–20 мг%), хлорофилл (5–8 мг%), дубильные вещества (танины), флавоноиды, ситостерин и эргостерин, изопреноиды, кумарины, органические кислоты (кофейная, яблочная, муравьиная, щавелевая, янтарная), лигнаны, фитоэстрогены. Установлено, что листья крапивы двудомной оказывают на организм человека и животных, помимо кровоостанавливающего, также гиполипидемическое, желчегонное, противовоспалительное, утеротонизирующее, спазмолитическое и адаптогенное дей-

ствие. Применяют листья крапивы и как антимикробное, гипотензивное, противоопухолевое средство [4].

В траве мать-и-мачехи определяются слизи, гликозид туссилагин, ситостерины, сапонины, галловая, яблочная, винная, аскорбиновая кислоты, полисахариды и инулин, декстрин, эфирное масло, рутин, гиперозид. Экстракты обладают выраженными цитопротективными свойствами, ингибируют фермент глюкозидазу, процессы метастазирования при раке легких. Отвары травы оказывают положительное воздействие при кожных заболеваниях [5].

Корни лопуха содержат до 45 % инулина, до 0,17 % эфирного масла, около 12 % протеина, дубильные, горькие и жироподобные вещества, пальмитиновую и стеариновую кислоты, ситостерин, стигмастерин, алкалоид, обладающий противоопухолевой активностью; в листьях найдены дубильные вещества, слизь, большое количество аскорбиновой кислоты, около 0,03 % эфирного масла, до 18 мг% каротина, рутин и гиперозид; в цветках установлено наличие флавоноидов, антоцианов, витамина С; в семенах содержится гликозид арктин и до 20 % жирного масла. Корни лопуха употребляют в виде настоя, отвара, настойки, репейного масла как мочегонное, жаропонижающее и потогонное, болеутоляющее и восстанавливающее обмен веществ средство, а также для лечения кожных заболеваний [6, 7].

Корни и корневища бадана, применяемые для медицинских целей, содержат до 25 % дубильных веществ (в основном танин и галловую кислоту), гликозиды, бергенин и арбутин, полифенолы, камеди, смолистые вещества, сахар, декстрин, крахмал, микроэлементы – марганец, титан, никель, медь, цинк, стронций, железо. В научной медицине препараты бадана – жидкий экстракт, настой и отвар – с успехом применяют внутрь при острой бациллярной и хронической дизентерии, колитах и энтероколитах, в гинекологии местно при эрозии шейки матки, для полосканий при гингивитах и стоматитах. В эксперименте на животных установлено, что бадан снижает кровяное давление и ускоряет частоту сердечных сокращений [8, 9].

Цель данной работы – изучение особенностей воздействия водно-спиртовых настоев лекарственных растений на организм лабораторных крыс в условиях кратковременной интоксикации свинцом и кадмием.

Для её достижения необходимо было решить следующие задачи:

1. Установить особенности распределения антропогенных загрязнителей в органах и тканях крыс при совместном введении в корм 25 мг свинца и 2,5 мг кадмия на 1 кг живой массы.
2. Выявить влияние водно-спиртовых настоев на аккумуляцию тяжелых металлов в организме лабораторных животных.
3. Изучить рост и развитие крыс на фоне нагрузки тяжелыми металлами и при использовании настоев корневищ бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* L. Fritsch), листьев крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), корней лопуха большого (*Arctium lappa* L.) и листьев мать-и-мачехи обыкновенной (*Tussilago farfara* L.).
4. Определить биохимические показатели крови при применении детоксикантов и без них на фоне интоксикации.

Исследования проводились на базе кафедры химии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ в соответствии с открытой инициативной тематикой научно-исследовательских работ «Экологическая оценка лекарственных растений в Сибири и препаратов на их основе с целью использования для адаптации живых систем в условиях моделирования загрязнения среды тяжелыми металлами» (регистрационный номер темы: АААА-А18–118030790007–0).

В качестве объектов исследования были выбраны водно-спиртовые настои лекарственных растений – корневищ бадана толстолистного, листьев крапивы двудомной, корней лопуха большого и листьев мать-и-мачехи обыкновенной. Приготовление водно-спиртовых настоев осуществлялось из аптечного лекарственного сырья с использованием 40 %-го раствора этанола, время извлечения биологически активных веществ составило 72 ч, соотношение «сырье: этанол» – 1: 20.

Эксперимент на лабораторных животных был проведен на базе ФГУ Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии (ФГУ ННИИТО Росмедтехнологии) на 70 крысах (мужского пола) линии Wistar, объединенных в группы-аналоги, в возрасте 4 месяцев со средней живой массой 240–250 г (табл. 1).

Таблица 1

Схема эксперимента

Группа	Режим кормления	
	1–7-й день	8–42-й день
Контрольная	Основной рацион (ОР)	ОР
1-я опытная	ОР + 25 мг свинца + 2,5 мг кадмия на 1 кг живой массы крыс	ОР
2-я опытная		ОР + 1 мл 40%-го раствора этанола на 1 кг живой массы крыс
3-я опытная		ОР + 1 мл настоя корневищ бадана толстолистного на 1 кг живой массы крыс
4-я опытная		ОР + 1 мл настоя корней лопуха большого на 1 кг живой массы крыс
5-я опытная		ОР + 1 мл настоя листьев крапивы двудомной на 1 кг живой массы крыс
6-я опытная		ОР + 1 мл настоя листьев мать-и-мачехи на 1 кг живой массы крыс

Крыс кормили полнорационными, сбалансированными по содержанию питательных и биологически активных веществ комбикормами для лабораторных крыс и мышей «Прокорм», введение солей свинца и кадмия, а также исследуемых настоев проводилось перорально.

Основные биохимические показатели: общий белок, кальций, холестерин, щелочную фосфатазу, мочевины – определяли фотоколориметрическими методами.

Анализ органов и тканей на содержание свинца и кадмия проведен методами, сертифицированными метрологической службой Госстандарта РФ. Токсиканты определяли по методикам, разработанным фирмой «Техноаналит ЛТД» и ТЦСМиС, прошедшим государственную сертификацию, на приборе ТА-7 методом инверсионной вольтамперометрии [10].

Все полученные экспериментальные данные обрабатывались методом вариационной статистики и дисперсионного анализа на ПК с использованием пакета программ SNEDEKOR.

Таблица 2

Содержание свинца в органах и тканях крыс, мг/кг

Органы и ткани	Группа						
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная	6-я опытная
Печень	0,34± 0,01***	2,02± 0,02	1,64± 0,02***	1,19± 0,01***	0,99± 0,01***	0,97± 0,01***	1,10±0,02***
Почки	0,29± 0,01***	1,77± 0,01	1,52± 0,02***	0,71± 0,01***	0,56± 0,01***	0,68± 0,01***	0,90± 0,01***
Сердце	0,07± 0,01***	0,78± 0,01	0,60± 0,01***	0,12± 0,01***	0,22± 0,02***	0,16± 0,01***	0,11± 0,01***
Селезенка	0,16± 0,01***	1,54± 0,03	1,40± 0,02**	0,81± 0,01***	0,83± 0,01***	0,78± 0,02***	0,75± 0,011***
Мышечная ткань	0,10± 0,01***	0,31± 0,02	0,20± 0,02**	0,12± 0,02***	0,11± 0,01***	0,08± 0,01***	0,12± 0,01***
Костная ткань	0,24± 0,01***	3,05± 0,13	2,16± 0,11**	1,96± 0,09***	1,48± 0,01***	1,48± 0,06***	1,72± 0,02***

Примечание. Здесь и далее: *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001 (достоверно в сравнении с 1-й опытной группой).

Введение в рацион крыс 25 мг свинца и 2,5 мг кадмия на 1 кг живой массы вызвало достоверное увеличение уровня свинца в органах и тканях лабораторных животных 1-й опытной группы. Так, в печени его концентрация возросла в 5,90 раза, в почках – в 5,98, в сердце – в 10,32, в селезенке – в 9,83, в мышечной ткани – в 3,02, в костной ткани – в 12,44 раза ($P<0,001$) в сравнении с показателями крыс, не получавших тяжелые металлы (табл. 2).

Добавление раствора этанола в рацион животных привело к снижению уровня свинца в организме 2-й опытной группы: в печени – в 1,23 раза, в почках – в 1,16, в сердце – в 1,30, в селезенке – в 1,10, в мышечной ткани – в 1,52, в костной ткани – в 1,41 раза ($P<0,01-0,001$) в сравнении с соответствующими показателями животных 1-й опытной группы.

Применение водно-спиртовых настоев из лекарственного сырья обусловило значительное уменьшение уровня свинца в органах и тканях крыс.

У крыс 3-й группы свинец был обнаружен во всех внутренних органах, но его уровень в сравнении соответствующими значениями 1-й опытной группы был достоверно ниже. При введении в рацион 1 мл настоя корневищ бадана толстолистного на 1 кг живой массы концентрация металла в печени уменьшилась в 1,69 раза, в почках – в 2,51, в сердце – в 6,32, в селезенке – в 1,90, в мышечной ткани – в 2,66, в костной ткани – в 1,56 раза ($P<0,001$ во всех случаях) по сравнению с его концентрацией в органах и тканях крыс 1-й опытной группы.

Настой корней лопуха большого привел к снижению концентрации свинца в печени животных 4-й опытной группы в 2,04 раза, в почках – в 3,15, в сердце – в 3,60, в селезенке – в 1,85, в мышечной ткани – в 2,82 раза, в костной ткани – в 2,05 раза ($P<0,001$ во всех случаях) в сравнении с соответствующими показателями крыс, не получавших детоксиканты.

Введение в рацион крыс 5-й опытной группы настоя листьев крапивы двудомной также обусловило снижение уровня свинца в органах и тканях лабораторных животных: в печени – в 2,08 раза, в почках – в 2,62, в сердце – в 4,99, в селезенке – в 1,97, в мышечной ткани – в 3,71, в костной ткани – в 2,06 раза ($P<0,001$) по сравнению с его концентрацией в органах и тканях крыс 1-й опытной группы.

Применение настоя листьев мать-и-мачехи в качестве детоксиканта тяжелых металлов снизило уровень свинца в печени крыс в 3,53 раза, в почках – в 1,96, в сердце – в 7,07, в селезенке – в 2,05, в мышечной ткани – в 2,63, в костной ткани – в 1,78 раза ($P<0,001$ во всех случаях) в сравнении с соответствующими показателями животных, не получающих детоксиканты.

При введении в рацион тяжелых металлов произошло значительное увеличение концентрации кадмия во всех органах и тканях лабораторных животных 1-й опытной группы (табл. 3): в печени – в 4,65 раза, в почках – в 4,13, в сердце – 3,06, в селезенке – в 2,11 раза ($P<0,01-0,001$).

Таблица 3

Содержание кадмия в органах крыс, $\text{мг/кг} \times 10^{-2}$

Органы и ткани	Группа						
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная	6-я опытная
Печень	0,11± 0,01***	0,53± 0,01	0,33± 0,03**	0,16± 0,05**	0,18± 0,03***	0,16± 0,02***	0,28± 0,01**
Почки	0,23± 0,02***	0,93± 0,01	0,80± 0,02**	0,55± 0,05***	0,58± 0,06**	0,72± 0,01***	0,68± 0,06**
Сердце	0,01± 0,001**	0,03± 0,01	0,03± 0,46	0,02± 0,01	0,02± 0,01	0,02± 0,01	0,02± 0,01
Селезенка	0,13± 0,01***	0,28± 0,02	0,24± 0,01**	0,15± 0,01***	0,14± 0,02***	0,14± 0,01***	0,16± 0,01***

Введение раствора этанола привело к снижению уровня кадмия в печени крыс 2-й опытной группы в 1,59 раза, в почках – в 1,16, в селезенке – в 1,19 ($P<0,05-0,01$) в сравнении с со-

ответствующими показателями животных 1-й опытной группы. Наблюдалась тенденция к снижению уровня кадмия в 1,12 раза в сердце у крыс этой опытной группы, однако достоверных отличий установлено не было.

Применение спиртовых настоев лекарственных трав в качестве детоксикантов привело к более значительному уменьшению уровня кадмия в органах и тканях крыс.

У крыс 3-й группы кадмий был обнаружен во всех внутренних органах, но его уровень в сравнении соответствующими значениями 1-й опытной группы был достоверно ниже. При введении в рацион 1 мл спиртового настоя корневищ бадана толстолистного на 1 кг живой массы во внутренних органах лабораторных животных концентрация металла уменьшилась в печени в 3,32 раза, в почках – в 1,71, в селезенке – в 1,84 ($P<0,01-0,001$). В сердечной ткани концентрация кадмия снизилась в 1,32 раза (отличия недостоверны).

Введение в рацион кормления крыс 4-й опытной группы спиртового экстракта корней лопуха большого привело к снижению уровня кадмия в печени в 3,02 раза, в почках – в 1,61, в селезенке – в 2,05 раза ($P<0,01-0,001$) по сравнению с его концентрацией в органах и тканях крыс 1-й опытной группы. В сердце достоверных отличий по содержанию кадмия обнаружено не было, тем не менее его концентрация уменьшилась в 1,04 раза.

При воздействии спиртового настоя листьев крапивы двудомной концентрация кадмия снизилась в печени в 3,41 раза, в почках – в 1,30, в селезенке – в 1,96 ($P<0,01-0,001$) в сравнении с соответствующими показателями крыс 1-й опытной группы. Наблюдалась тенденция к снижению уровня токсиканта в сердце животных в 1,08 раза, однако отличия недостоверны.

Применение 1 мл настоя листьев мать-и-мачехи на 1 кг живой массы вызвало уменьшение количества кадмия в печени в 1,89 раза, в почках – в 1,37, в селезенке – в 1,74 ($P<0,01-0,001$) в сравнении с соответствующими показателями крыс 1-й опытной группы. Достоверных отличий по содержанию кадмия в сердечной мышце не обнаружено, его концентрация уменьшилась лишь в 1,02 раза.

О воздействии токсикантов на организм лабораторных животных в ходе эксперимента можно судить не только по накоплению и распределению свинца и кадмия в органах и тканях крыс, но и по показателям роста и развития (табл. 4).

Таблица 4

Показатели роста и развития лабораторных животных, г

Показатель	Группы						
	контрольная	1-я опыт- ная	2-я опыт- ная	3-я опыт- ная	4-я опыт- ная	5-я опыт- ная	6-я опыт- ная
Живая масса	397,25± 8,46	399,75± 19,82	391,00± 6,98	392,75± 13,02	382,25± 10,47	383,25± 12,42	387,50± 19,42
Сердце	1,19± 0,15	1,67± 0,27*	1,33± 0,05	1,37± 0,15	1,26± 0,12	1,32± 0,12	1,19± 0,16
Печень	11,83± 0,67	12,06± 0,56	11,40± 0,39	10,76± 0,36	11,51± 0,40	11,01± 0,32	11,33± 0,78
Почки	2,98± 0,14	3,15± 0,17	3,08± 0,26	3,00± 0,21	3,03± 0,44	3,29± 0,10	2,90± 0,18
Селезенка	1,09± 0,15	2,07± 0,20**	1,50± 0,13	1,44± 0,13	1,95± 0,25*	1,12± 0,59	1,73± 0,15*

Установлено, что у крыс, получавших с основным рационом соли свинца и кадмия, на конец эксперимента наблюдалось увеличение массы сердца на 40,34 % ($P<0,05$) в сравнении с животными контрольной группы. При интоксикациях происходит усиление кровотока как реакция организма на отравляющие вещества, вследствие чего орган увеличивается [11].

Масса селезенки значительно возросла у лабораторных животных в 1, 4 и 6-й опытных группах – соответственно на 89,91 ($P<0,01$); 78,90 и 58,72 % ($P<0,05$) по сравнению с животными контрольной группы. Селезенка относится к органам кроветворения и является местом утилизации стареющих эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. В ней образуются антитела, она является важным депо крови [11].

В массе печени и почек у животных всех опытных групп достоверных отличий в сравнении с контрольной группой не выявлено.

Для получения более четкой картины о влиянии антропогенных загрязнителей и водно-спиртовых настоев на детоксикацию свинца и кадмия были изучены биохимические показатели крови крыс (табл. 5).

Таблица 5

Биохимические показатели

Показатели крови	Группа						
	контроль- ная	1-я опыт- ная	2-я опыт- ная	3-я опыт- ная	4-я опытная	5-я опыт- ная	6-я опыт- ная
Общий белок, г/л	74,50± 4,95	68,00± 1,44	75,06± 4,20	77,50± 0,90	83,00± 0,76	80,00± 2,45	74,50± 3,07
Кальций, ммоль/л	3,85± 0,61	3,13± 0,19	3,42± 0,19	3,70± 0,39	3,40± 0,42	3,63± 0,35	3,28± 0,32
Холестерин, ммоль/л	1,95± 0,12	1,85± 0,23	1,98± 0,12	1,86± 0,18	2,06± 0,17	2,14± 0,20	2,10± 0,28
Щелочная фосфатаза, Ед/л	589,00± 67,89	437,00 ±19,51*	597,00± 11,52	576,00± 49,73	606,00± 34,67	542,00± 17,91	634,00± 17,20
Мочевина, ммоль/л	9,00± 0,52	8,10± 0,62	8,41± 0,35	9,16± 0,40	8,50± 0,44	8,50± 0,45	8,70± 0,68

По содержанию общего белка, альбумина, кальция, холестерина и мочевины в сыворотке крови животных всех опытных групп достоверных отличий в сравнении с контрольной не наблюдалось.

Установлено, что содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови крыс 1-й опытной группы ниже значений животных контрольной группы на 25,81 % ($P<0,05$), что свидетельствует о нарушении функции печени и почек. Добавление к рациону настоев из лекарственного сырья привело к нормализации этого параметра крови.

Таким образом, в результате изучения особенностей воздействия водно-спиртовых настоев лекарственных растений на организм лабораторных крыс в условиях кратковременной интоксикации свинцом и кадмием установлено, что органы и ткани лабораторных животных обладают избирательностью в аккумуляции свинца и кадмия.

Кратковременное поступление 25,00 мг свинца и 2,5 мг кадмия на 1 кг живой массы крыс вызвало увеличение уровня токсикантов в органах и тканях.

Наблюдалась следующая закономерность в распределении свинца: костная ткань > печень > почки > селезенка > сердце > мышечная ткань. Максимальное содержание свинца обнаружено в костной ткани, в сравнении с показателем крыс контрольной группы его концентрация возрастала до 12,44 раза. Уровень кадмия увеличивался в ряду: сердце < селезенка < печень < почки от 2,11 до 4,65 раза ($P<0,01-0,001$).

Применение водно-спиртовых настоев привело к снижению аккумуляции свинца в органах и тканях крыс. Добавление к рациону 1 мл настоя корневищ бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* L. Fritsch) вызвало снижение уровня свинца до 6,32, кадмия – до 3,32 раза. Применение настоя из корней лопуха большого (*Arctium lappa* L.) привело к уменьшению концентрации свинца до 3,50, кадмия – до 3,02 раза. Настои из листьев мать-и-мачехи обыч-

новенной (*Tussilago farfara* L.) и листьев крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) способствовали снижению уровня свинца в 3,53 и 4,99, кадмия – в 1,37 и 3,46 раза соответственно.

Наибольшую детоксикационную способность проявили настои корней лопуха большого и листьев крапивы двудомной.

Введение в рацион тяжелых металлов не привело к достоверным изменениям живой массы крыс. Установлено увеличение массы сердца на 40,34 % ($P < 0,05$) и массы селезенки на 89,91 % ($P < 0,01$) в сравнении с животными контрольной группы.

Кратковременное поступление токсикантов привело к снижению содержания щелочной фосфатазы в сыворотке крови крыс 1-й опытной группы по сравнению со значениями животных контрольной группы на 25,81 % ($P < 0,05$). Водно-спиртовые настои нормализовали биохимические показатели сыворотки крови лабораторных животных.

Проведенные исследования показали, что настои корневищ бадана толстолистного, корней лопуха большого, листьев крапивы двудомной и мать-и-мачехи, обладающие антиоксидантными свойствами, могут являться основой для разработки эффективного растительного препарата, используемого для профилактики и лечения животных от интоксикации солями тяжелых металлов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Химические основы токсического действия тяжелых металлов (обзор)* / С. Г. Скугорева, Т. Я. Ашихмина, А. И. Фокина, Е. И. Лялина // Теоретическая и прикладная экология. – 2016. – № 1. – С. 4–13.
2. *Сульдина Т. И.* Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и их влияние на организм // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2016. – № 1. – С. 136–140.
3. *Полисахариды – эффективные сорбенты свинца и кадмия* / В. Ф. Урьяш, Н. Ю. Кокурина, А. Е. Груздева, В. Н. Ларина // Экологическая химия. – 2017. – № 4. – С. 223–232.
4. *Яцюк В. Я., Чалый Г. А., Сошникова О. В.* Биологически активные вещества травы крапивы двудомной // Российский медико-биологический вестник им. акад. И. П. Павлова. – 2006. – № 1. – С. 25–29.
5. *Кароматов И., Ибатов Х., Амонов М.* Лекарственное растение мать-и-мачеха // Биология и интегративная медицина. – 2017. – № 5. – С. 216–226.
6. *Кароматов И. Д., Нурмухамедова Р. А., Бадриддинова М. Н.* Лопух, репейник – перспективное растительное лекарственное средство (обзор литературы) // Биология и интегративная медицина. – 2017. – № 5. – С. 163–182.
7. *Karakovskaya N. E., Shokina E. G., Drogozov S. M.* Experimental study of the prostate protector activity of common burdock root and leaves extracts // Український журнал клінічної та лабораторної медицини. – 2012. – Т. 7, № 2. – С. 33–37.
8. *Еськова А. К., Шакура В. А., Аверьянова Е. В.* Исследование биологически активных веществ бадана толстолистного // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. участием, 18–20 мая 2016 г., г. Бийск. – Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2016. – С. 490–493.
9. *Бокова Т. И., Коваль Ю. И., Васильцова И. В.* Адаптогенное влияние лекарственных экстрактов бадана толстолистного и лопуха большого // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. IV Всерос. (нац.) науч. конф., 20 дек. 2019 г. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2019. – С. 192–194.

10. ГОСТ 51301–99. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрические методы определения содержания токсических элементов (Cd, Pb, Cu, Zn). – М.: Госстандарт России, 1999.

11. Гольдберг Е.Д. Справочник по гематологии с атласом микрофотограмм. – Томск: Изд-во ТГУ, 1989. – С. 29–31, 268–308.

REFERENCES

1. Himicheskie osnovy toksicheskogo dejstviya tyazhelyh metallov (obzor) / S.G. Skugoreva, T.YA. Ashihmina, A.I. Fokina, E.I. Lyalina // Teoretiche-skaya i prikladnaya ekologiya. – 2016. – № 1. – S. 4–13.

2. Sul'dina T.I. Soderzhanie tyazhelyh metallov v produktah pitaniya i ih vliyanie na organizm // Racional'noe pitanie, pishchevye dobavki i bio-stimulyatory. – 2016. – № 1. – S. 136–140.

3. Polisaharidy – effektivnye sorbenty svinca i kadmiya / V.F. Ur'-yash, N.YU. Kokurina, A.E. Gruzdeva, V.N. Larina // Ekologicheskaya himiya. – 2017. – № 4. – S. 223–232.

4. YAcyuk V.YA., CHalyj G.A., Soshnikova O.V. Biologicheski aktivnye ve-shchestva travy krapivy dvudomnoj // Rossijskij mediko-biologicheskij vest-nik im. akad. I.P. Pavlova. – 2006. – № 1. – S. 25–29.

5. Karomatov I., Ibatov H., Amonov M. Lekarstvennoe rastenie mat'-i-machekha // Biologiya i integrativnaya medicina. – 2017. – № 5. – S. 216–226.

6. Karomatov I.D., Nurmuhamedova R.A., Badriddinova M.N. Lopuh, repejnik – perspektivnoe rastitel'noe lekarstvennoe sredstvo (obzor lite-ratury) // Biologiya i integrativnaya medicina. – 2017. – № 5. – S. 163–182.

7. Karakovskaya N.E., Shokina E.G., Drogozov S.M. Experimental study of the prostate protector activity of common burdock root and leaves extracts // Ukraïns'kij zhurnal klinichnoï ta laboratornoï medicini. – 2012. – T. 7, № 2. – S. 33–37.

8. Es'kova A.K., SHakura V.A., Aver'yanova E.V. Issledovanie biologi-cheski aktivnyh veshchestv badana tolstolistnogo // Tekhnologii i oborudova-nie himicheskoy, biotekhnologicheskoy i pishchevoj promyshlennosti: materia-ly IX Vseros. nauch. – prakt. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenykh s mezhdunar. uchastiem, 18–20 maya 2016 g., g. Bijsk. – Bijsk: Izd-vo AltGTU, 2016. – S. 490–493.

9. Bokova T.I., Koval' YU.I., Vasil'cova I.V. Adaptogennoe vliyanie lekarstvennykh ekstraktov badana tolstolistnogo i lopuha bol'shogo // Rol' agrarnoj nauki v ustojchivom razvitii sel'skih territorij: sb. IV Vseros. (nac.) nauch. konf., 20 dek. 2019 g. – Novosibirsk: IC «Zolotoj kolos», 2019. – S. 192–194.

10. GOST 51301–99. Produkty pishchevye i prodovol'stvennoe syr'e. Inversionno-vol'tamperometricheskie metody opredeleniya soderzhaniya tok-sicheskikh elementov (Cd, Pb, Cu, Zn). – М.: Gosstandart Rossii, 1999.

11. Gol'dberg E.D. Spravochnik po gematologii s atlasom mikrofoto-gramm. – Tomsk: Izd-vo TGU, 1989. – S. 29–31, 268–308.