

7. Любимова Е.Л. Растительный покров. Зона травяных лесов и островной лесостепи // Средняя Сибирь. – М.: Наука, 1964. – С. 249–263.
8. Черепнин Л.М. Растительность Красноярского края // Природные условия Красноярского края. – М.: АН СССР, 1961. – С. 160–187.



УДК 631.95:615.322:636.028

М.А. Ледовских

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДЕТОКСИКАНТОВ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Установлено, что использование растительных детоксикантов – корневищ бадана толстолистного, корней лопуха большого, листьев крапивы двудомной и мать-и-мачехи – в условиях моделирования антропогенного загрязнения тяжелыми металлами оказывает положительное влияние на организм животных.

**Ключевые слова:** аккумуляция, антиоксидантная активность, детоксикант, кадмий, свинец, спиртовые экстракты, лекарственные растения.

М.А. Ledovskikh

### THE VEGETATIVE DETOXICANT USE IN THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC HEAVY METAL POLLUTION MODELLING

It is determined that the use of vegetative detoxicants leather bergenia (*Bergenia crassifolia*) rhizomes, great bur (*Actium lappa*) roots, great nettle (*Urtica dioica*) and coltsfoot (*Tussilago farfara*) leaves – in the conditions of anthropogenic heavy metal pollution modeling have positive influence on the animal organism.

**Key words:** accumulation, antioxidant activity, detoxicant, cadmium, lead, alcohol extracts, medicinal plants.

**Введение.** Основная часть тяжелых металлов попадает в организм человека через продукты животного и растительного происхождения. Свинец и кадмий, попадая в круговорот природы, двигаясь по трофической цепи, в итоге оказываются в составе пищевых ингредиентов [1, 2].

Тяжелые металлы проявляют токсический эффект в растворенном состоянии, переходя в ионные формы. Причиной того, что живые организмы не выработали в ходе эволюции механизмов их детоксикации, достаточно эффективных для противодействия современному уровню антропогенного загрязнения окружающей среды, является малая растворимость основных минералов свинца и кадмия [3].

Определенную перспективу в качестве детоксикантов имеют препараты, которые обладают сорбционными, ионообменными и биологически активными свойствами. Они способствуют эвакуации металлов через ЖКТ, повышают иммунологическую сопротивляемость и биологическую защиту [4].

**Цель работы.** Изучение использования растительных детоксикантов (на примере лекарственных трав Новосибирской области: корневищ бадана толстолистного – *Bergenia crassifolia* L., корней лопуха большого – *Arctium Lappa* L., листьев крапивы двудомной – *Urtica dioica* L., листьев мать-и-мачехи – *Tussilago farfara* L.) на организме крыс линии Wistar в условиях моделирования антропогенного загрязнения тяжелыми металлами (Pb, Cd).

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

1. Изучить антиоксидантную активность лекарственных трав.

2. Исследовать некоторые физиологические показатели крыс линии Wistar, их адаптации к воздействию тяжелых металлов при использовании антиоксидантов растительного сырья в качестве комплексных детоксикантов.

3. Определить фоновое содержание свинца и кадмия в органах и тканях лабораторных животных, а также уровня аккумуляции и распределения по органам и тканям тяжелых металлов в организме крыс при повышенной концентрации их в корме и применении спиртовых экстрактов лекарственных трав.

**Методика исследований.** Корневища бадана толстолистного, корни лопуха большого, листья крапивы двудомной и мать-и-мачехи наиболее распространены в Новосибирской области, имеют выраженные химические составы с наилучшими терапевтическими и антиоксидантными свойствами.

Антиоксидантную активность образцов определяли используя метод катодной вольтамперометрии. Методика эксперимента заключалась в съемке вольтоамперограмм катодного восстановления кислорода с помощью анализатора АОА «Антиоксидант» (ООО «НПП Полиант», г. Томск).

Приготовление и исследование экстрактов лекарственных растений проводилось на кафедре химии Новосибирского государственного аграрного университета. Время извлечения биологически активных веществ лекарственных растений в концентрации этанола 40% составило 72 часа с гидромодулем 1:20. Аликвота исследуемого образца составила 0,5 мл. Делали 3 параллельных определения из каждого образца и рассчитывали средний коэффициент антиоксидантной активности. Антиоксидантная активность исследуемых образцов оценивалась по кинетическому критерию антиоксидантной активности  $K$  (мкмоль/л\*мин), который отражает количество прореагировавших с образцом кислородных форм.

Исследования на лабораторных животных проведены на базе экспериментально-хирургического отделения ФГБОУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Федерального агентства высокотехнологической медицинской помощи» на 70 крысах мужского пола линии Wistar в возрасте 4 месяцев со средней живой массой 240–250 г.

Крысы всех групп содержались клеточно без пересадок, до 42 дней опыта. Животных кормили полнорационными, сбалансированными по содержанию питательных и биологически активных веществ комбикормами для лабораторных крыс и мышей «Прокорм» производства акционерного общества «БиоПро».

Введение солей свинца и кадмия, а также исследуемых спиртовых экстрактов проводилось перорально (для получения более точных результатов исследования) в дозировке 1мл / 1кг массы животного 1 раз в сутки.

Контрольная группа – основной рацион (ОР) весь период эксперимента. С 1-х по 7-е сутки – 1-я – 6-я опытные группы – ОР + 25 мг Pb + 2,5 мг Cd на 1 кг живой массы крыс (ТМ). Далее: 1-я опытная группа – ОР; 2-я опытная – ОР + 40 %-й раствор этанола на 1 кг живой массы крыс; 3-я опытная – ОР + 1 мл спиртового экстракта корневищ бадана толстолистного на 1 кг живой массы крыс; 4-я опытная – ОР + 1 мл спиртового экстракта корней лопуха большого на 1 кг живой массы крыс; 5-я опытная – ОР + 1 мл спиртового экстракта листьев крапивы двудомной на 1 кг живой массы крыс; 6-я опытная – ОР + 1 мл спиртового экстракта листьев мать-и-мачехи на 1 кг живой массы крыс [5].

Забор венозной крови и вывод крыс из эксперимента (путем эвтаназии) производились с соблюдением «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных» [6]. Основные биохимические показатели – общий белок, альбумин, кальций, холестерин, щелочную фосфатазу, мочевины – определяли фотоколориметрическими методами на базе экспериментально-хирургического отделения ФГУ «ННИИТО Росмедтехнологии».

**Результаты исследований.** Результаты исследования 40%-х спиртовых экстрактов лекарственных растений (корневищ бадана толстолистного, корней лопуха большого, листьев крапивы двудомной и листьев мать-и-мачехи) показали, что они обладают антиоксидантными свойствами:  $K = 64,43 \pm 1,68^{***}$ ,  $K = 22,84 \pm 2,37^*$ ,  $K = 14,25 \pm 1,24$  и  $K = 20,47 \pm 0,65^*$  мкмоль/л\*мин соответственно (\* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$ ). Вариационная статистика рассчитывалась относительно спиртового экстракта листьев крапивы двудомной, так как обладает наименьшим значением  $K = 14,25$  мкмоль/л\*мин.

Антиоксидантная активность спиртовых экстрактов корневищ бадана толстолистного, корней лопуха большого и листьев мать-и-мачехи превосходила показатель экстракта листьев крапивы двудомной в 4,52 раза, 1,60 и 1,44 ( $P < 0,05$ – $0,001$ ) соответственно. Все изученные образцы экстрактов обладают высокой ан-

тиоксидантной активностью, превышающей антиоксидантную активность известного антиоксиданта дигидро-кверцетина ( $K=1,46$  ммоль/л·мин) [7].

По окончании опыта проводилось взвешивание животных и их внутренних органов: сердца, почек, печени и селезенки [5].

Установлено, что у крыс, подвергавшихся интоксикации солями свинца и кадмия, на конец эксперимента наблюдалось увеличение массы сердца в 1,40 раза ( $P<0,05$ ) в сравнении с животными контрольной группы. При интоксикациях происходит усиление кровотока как реакция организма на отравляющие вещества, вследствие чего орган увеличивается [8].

Масса селезенки лабораторных животных значительно увеличилась в 1-, 4- и 6-й опытных группах соответственно в 1,90 раза, 1,79 и 1,59 ( $P<0,05-0,01$ ) по сравнению с животными контрольной группы. Селезенка относится к органам кроветворения, однако также служит местом утилизации стареющих эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. В ней образуются антитела, она является важным депо крови [8]. По массе печени и почек у животных всех опытных групп достоверных отличий в сравнении с контрольной группой не выявлено.

В ходе исследований были определены биохимические показатели крови крыс [5]. Выявлено, что содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови крыс 1-й опытной группы ниже значений животных контрольной группы в 1,35 раза ( $P<0,05$ ), что свидетельствует о нарушении функции печени, почек. По содержанию общего белка, альбумина, кальция, холестерина и мочевины в сыворотке крови животных всех опытных групп в сравнении с контрольной достоверных отличий не наблюдалось.

Одной из задач экспериментов являлось определение фонового содержания свинца и кадмия в органах и тканях лабораторных животных, а также уровня аккумуляции и распределения по органам и тканям тяжелых металлов в организме крыс при повышенной концентрации их в корме и применении спиртовых экстрактов лекарственных трав – корневищ бадана толстолистного *Bergenia crassifolia* L., корней лопуха большого *Actium lappa* L., листьев крапивы двудомной *Urtica dioica* L., листьев мать-и-мачехи *Tussilago farfara* L. – в качестве детоксикантов.

В таблице 1 приведены данные по содержанию свинца в органах и тканях крыс на момент окончания эксперимента.

Таблица 1

Содержание свинца в органах и тканях крыс, 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	34,19± 1,31***	201,73± 2,34	164,54± 1,88***	119,09± 1,39***	99,11± 0,93***	97,19± 0,98***	110,02± 1,60***
Почки	29,66± 1,59***	177,40± 0,85	152,65± 1,74***	70,62± 0,51***	56,39± 0,78***	67,74± 0,67***	90,38± 0,60***
Сердце	7,59± 0,47***	78,30± 1,29	60,24± 0,73***	12,38± 0,37***	21,73± 0,78***	15,70± 0,59***	11,08± 0,32***
Селезенка	15,71± 0,28***	154,47± 2,70	140,20± 0,69**	81,28± 0,30***	83,53± 1,14***	78,23± 0,90***	75,47± 1,10***
Мышечная ткань	10,27± 0,57***	31,04± 0,84	20,39± 1,73**	11,67± 0,59***	11,02± 0,33***	8,37± 0,47***	11,80± 0,50***
Костная ткань	24,54± 0,47***	305,37± 12,69	216,30± 11,29**	195,66± 9,19***	147,78± 0,34***	148,42± 5,64***	171,72± 1,88***

Примечание. \*\* –  $P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$  (достоверно в сравнении с 1-й опытной группой).

Введение в рацион 25,00 мг Pb + 2,5 мг Cd на 1 кг живой массы вызвало достоверное увеличение уровня свинца в органах и тканях лабораторных животных 1-й опытной группы. Так, в печени его концентра-

ция возросла в 5,90 раза; в почках – 5,98; в сердце – 10,32; в селезенке – 9,83; в мышечной ткани – 3,02; в костной ткани – в 12,44 раза ( $P < 0,001$ ).

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 – 1,16; в сердце – 1,30; в селезенке – 1,10; в мышечной ткани – 1,52; в костной ткани – в 1,41 раза ( $P < 0,01-0,001$ ).

Применение спиртовых экстрактов лекарственных трав в качестве детоксикантов привело к значительному уменьшению уровня свинца в органах и тканях крыс.

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

Получение спиртового экстракта корней лопуха большого привело к детоксикации свинца в организме животных 4-й опытной группы. Его концентрация в печени снизилась в 2,04 раза; в почках – 3,15; в сердце – 3,60; в селезенке – 1,85; в мышечной ткани – 2,82; в костной ткани – в 2,05 раза ( $P < 0,001$  соответственно).

Введение в рацион кормления крыс 5-й опытной группы спиртового экстракта листьев крапивы двудомной также привело к снижению уровня свинца в органах и тканях лабораторных животных. Концентрация тяжелого металла в печени уменьшилась в 2,08 раза; в почках – 2,62; в сердце – 4,99; в селезенке – 1,97; в мышечной ткани – 3,71; в костной ткани – в 2,06 раза ( $P < 0,001$ , во всех случаях).

Применение спиртового экстракта листьев мать-и-мачехи в качестве детоксиканта тяжелых металлов вызвало уменьшение количества свинца в организме лабораторных животных. Уровень свинца в печени крыс снизился в 3,53 раза; в почках – 1,96; в сердце – 7,07; в селезенке – 2,05; в мышечной ткани – 2,63; в костной ткани – в 1,78 раза ( $P < 0,001$ , во всех случаях).

В таблице 2 приведены данные по содержанию кадмия в органах и тканях крыс на момент окончания эксперимента.

Таблица 2

Содержание кадмия в органах и тканях 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	11,47± 0,14***	53,36± 0,14	33,52± 3,19**	16,06± 5,51**	17,70± 2,72***	15,67± 2,16***	28,19± 4,06**
Почки	22,67± 2,14***	93,54± 1,08	80,52± 1,88**	54,74± 5,34***	58,14± 5,80**	72,08± 0,29***	68,14± 6,06**
Сердце	0,97± 0,09**	2,97± 0,35	2,65± 0,46	2,25± 0,03	2,85± 0,46	2,76± 0,29	2,91± 0,34
Селезенка	13,36± 0,45***	28,21± 0,28	23,79± 0,86**	15,35± 0,72***	13,75± 0,73***	14,43± 0,74***	16,22± 0,42***
Мышечная ткань	0,44± 0,16**	1,50± 0,09	1,12± 0,07*	0,52± 0,12**	0,79± 0,07**	0,85± 0,10**	0,92± 0,14**

Примечание. \*\* –  $P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$  (достоверно в сравнении с 1-й опытной группой).

При введении в рацион 25,00 мг Pb + 2,5 мг Cd на 1 кг живой массы произошло значительное увеличение концентрации кадмия во всех органах и тканях лабораторных животных 1-й опытной группы. Так, уровень кадмия в печени крыс возрос в 4,65 раза; в почках – 4,13; в сердце – 3,06; в селезенке – 2,11; в мышечной ткани – в 3,41 раза ( $P < 0,01-0,001$ ).

Введение раствора этанола привело к снижению уровня кадмия в организме крыс 2-й опытной группы. Его концентрация в печени снизилась в 1,59 раза; в почках – 1,16; в селезенке – 1,19; в мышечной ткани – в 1,34 раза ( $P < 0,05-0,01$ ).

Применение спиртовых экстрактов лекарственных трав в качестве детоксикантов привело к 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 с соответствующими значениями 1-й опытной группы был достоверно ниже. При введении в рацион 1мл спиртового экстракта корневищ бадана толстолистного на 1 кг живой массы во внутренних органах лабораторных животных концентрация элемента уменьшилась: в печени в 3,32 раза; в почках – 1,71; в селезенке – 1,84; в мышечной ткани – в 2,89 раза ( $P < 0,01-0,001$ ).

Введение в рацион кормления крыс 4-й опытной группы спиртового экстракта корней лопуха большого также привело к снижению уровня кадмия в органах и тканях животных. Концентрация элемента в печени уменьшилась в 3,02 раза; в почках – 1,61; в селезенке – 2,05; в мышечной ткани – в 1,90 раза ( $P < 0,01-0,001$ ).

При воздействии спиртового экстракта листьев крапивы двудомной концентрация кадмия значительно снизилась: в печени в 3,41 раза; в почках – 1,30; в селезенке – 1,96; в мышечной ткани – в 1,77 раза ( $P < 0,01-0,001$ ).

Применение 1 мл экстракта листьев мать-и-мачехи на 1 кг живой массы вызвало уменьшение количества кадмия в организме лабораторных животных. Уровень кадмия в печени снизился в 1,89 раза, в почках – 1,37; в селезенке – 1,74; в мышечной ткани – в 1,63 раза ( $P < 0,01-0,001$ ).

Наблюдалась тенденция к снижению уровня токсиканта в сердце животных всех опытных групп, однако достоверных отличий установлено не было.

### Выводы

1. 40%-е спиртовые экстракты корневищ бадана толстолистного, корней лопуха большого, листьев крапивы двудомной и мать-и-мачехи обладают антиоксидантной активностью и оказывают положительное влияние на организм животных. Экстракт корневищ бадана толстолистного обладает наивысшей антиоксидантной активностью ( $K=64,43 \pm 1,68$  мкмоль/лхмин), а экстракт листьев крапивы двудомной – наименьшей ( $K=14,25 \pm 1,24$  мкмоль/лхмин).

2. Введение в рацион тяжелых металлов в концентрации 25,00 мг Pb + 2,5 мг Cd на 1кг живой массы крыс линии Wistar не привело к достоверным изменениям живой массы животных. Установлено увеличение массы сердца крыс в 1,40 раза и массы селезенки в 1,90 раза ( $P < 0,05-0,01$ ) в сравнении с животными контрольной группы. Поступление в рацион токсикантов привело к снижению содержания щелочной фосфатазы в сыворотке крови крыс 1-й опытной группы в сравнении с показателями животных контрольной группы в 1,35 раза ( $P < 0,05$ ). Спиртовые экстракты исследуемых детоксикантов нормализовали биохимические показатели сыворотки крови лабораторных животных.

3. Кратковременное поступление тяжелых металлов в концентрациях 25,00 мг Pb + 2,5 мг Cd на 1 кг живой массы крыс вызвало увеличение содержания свинца и кадмия в органах и тканях животных всех опытных групп. Использование спиртовых экстрактов лекарственных трав (на конец опыта) привело к достоверной детоксикации свинца в органах и тканях крыс: корневищ бадана толстолистного в 1,56–6,32 раза; корней лопуха большого – 1,85–3,60; листьев крапивы двудомной – 1,97–4,99; мать-и-мачехи – в 1,78–7,07 раза ( $P < 0,01-0,001$ ). Наибольшую детоксикационную способность проявили спиртовые экстракты корней лопуха большого и листьев крапивы двудомной.

Применение спиртовых экстрактов лекарственных трав (на конец опыта) привело к достоверной детоксикации кадмия в органах и тканях крыс: корневищ бадана толстолистного в 1,71–3,32 раза; корней лопуха большого – 1,61–3,02; листьев крапивы двудомной – 1,3–3,41; мать-и-мачехи – в 1,37–1,89 раза ( $P < 0,01-0,001$ ). Наибольшую детоксикационную способность проявили спиртовые экстракты корневищ бадана толстолистного и листьев крапивы двудомной.

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование растительных детоксикантов корневищ бадана толстолистного *Bergenia crassifolia* L., корней лопуха большого *Arctium Lappa* L., листьев крапивы двудомной *Urtica dioica* L., листьев мать-и-мачехи *Tussilago farfara* L., обладающих антиоксидантными свойствами, может являться основой для разработки эффективного растительного препарата, используемого для профилактики и лечения животных от интоксикации солями тяжелых металлов.

Литература

1. Донченко Л.В., Надькта В.Д. Безопасность пищевой продукции. – М.: Пищепромиздат, 2001. – С. 112–185, 343–365, 499–501.
2. Комаров В.И. Проблемы безопасности пищевых продуктов // Пищ. пром-сть. – 1996. – №2. – С. 26–27.
3. Ершов В.В., Никифоров Г.А., Володькин А.А. Пространственно-затрудненные фенолы. – М.: Химия, 1972. – 352 с.
4. Бокова Т.И. Экологические основы инновационного совершенствования пищевых продуктов. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2011. – С.6.
5. Ледовских М.А., Бокова Т.И. Влияние спиртовых экстрактов лекарственных трав на некоторые физиологические показатели лабораторных животных в условиях моделирования антропогенного загрязнения // Вестн. НГАУ. – 2012. – №2 (23). – С. 60.
6. Приказ Минздрава СССР от 12.08.1977 № 755 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных» (Приложения).
7. Васильцова И.В., Бокова Т.И. Определение антиоксидантной активности природных объектов // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2009. – С. 349–355.
8. Гольдберг Е.Д. Справочник по гематологии с атласом микрофотограмм. – Томск: Изд-во ТГУ, 1989. – С. 29–31, 268–308.



УДК 581.5

О.Л. Цандекова, Л.Л. Седельникова

**АККУМУЛИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЛИСТЬЕВ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ НАУЧНОГО ЦЕНТРА СО РАН**

*Представлены результаты изучения аккумулярующей способности листьев декоративных растений в условиях городской среды. Проанализированы особенности накопления азота и серы в листьях.*

**Ключевые слова:** ирис, лилейник, хоста, лист, аккумуляция, сера, азот, Западная Сибирь.

O.L. Tsandekova, L.L. Sedelnikova

**ACCUMULATIVE CAPACITY OF DECORATIVE PLANT LEAVES IN URBAN ENVIRONMENT OF RAS SIBERIAN SCIENTIFIC CENTRE**

*The research results of the decorative plant leaf accumulative capacity in urban environment are presented. The peculiarities of nitrogen and sulphur accumulation in leaves are analyzed.*

**Key word:** Iris, Hemerocallis, Hosta, leaf, accumulation, sulphur, nitrogen, West Siberia.

---

**Введение.** В условиях интенсивного роста городов, развития всех видов транспорта наиболее актуальна проблема сохранения и оздоровления городской среды. Важная роль в улучшении состояния воздушной среды и микроклимата городских территорий принадлежит декоративным растениям. Они являются одним из основных компонентов городского ландшафта, которые благотворно влияют на психофизиологическое состояние человека. Декоративные растения поглощают и нейтрализуют часть атмосферных загрязнителей, сохраняя прилегающие территории от пагубного воздействия экотоксикантов. Имеются сведения о состоянии накопления токсичных металлов и влиянии автотранспорта на древесно-кустарниковые и газонные растения, выращиваемые в условиях техногенного загрязнения в Забайкалье, Красноярском крае, Кемеровской и Новосибирской областях [Артамонова и др., 2008; Кайдорина, 2009; Цандекова, 2009; Копылова 2011, 2012]. Цветочно-декоративные растения как дополнительный элемент в озеленении Научного центра