

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ
ОШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ Д.02.07.359**

На правах рукописи
УДК: 613.2. 577.118 (043.3)

УСУБАЛИЕВА АЙГУЛЬ МИРБЕКОВНА

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАКОПЛЕНИЯ МЕДИ,
ЦИНКА, КАДМИЯ И СВИНЦА В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Специальность 02.00.01 – неорганическая химия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук

Бишкек – 2007

Работа выполнена в Научно-исследовательском химико-технологическом институте и на кафедре химии Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова

Научный руководитель: доктор химических наук,
профессор, академик МИА и ИА КР
Баткибекова Мира Баткибековна

Официальные оппоненты: доктор химических наук, профессор
Кыдынов Молдокерим Кыдынович

кандидат химических наук, доцент
Джусуева Мира Сооронбаевна

Ведущая организация: кафедра химии Кыргызского аграрного
университета им. К.И. Скрябина.

Защита состоится 14 декабря 2007 года в 9⁰⁰ часов на заседании межведомственного диссертационного Совета Д.02.07.359 при Институте химии и химической технологии НАН Кыргызской Республики (соучредитель: Ошский госуниверситет МОН Кыргызской Республики) по адресу: 720071, г. Бишкек, проспект Чуй, 267.

С диссертацией можно ознакомиться в центральной научной библиотеке НАН Кыргызской Республики по адресу: 720071, г. Бишкек, проспект Чуй, 265-а.

Автореферат разослан « _____ » _____ 2007 г.

Ученый секретарь
межведомственного диссертационного
Совета, кандидат химических наук

Ахматова Ж.Т.

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Пища – один из основных каналов взаимодействия организма с окружающей средой и может быть источником большого числа потенциально опасных для здоровья человека химических веществ. Поэтому, по мере усиления антропогенной нагрузки и обострения экологической и экономической ситуации, все более обостряется такая проблема, как безопасность продуктов питания для здоровья человека. Вредное воздействие чужеродных химических веществ, поступающих в организм человека с пищей, может проявляться очень широко: начиная с поражения отдельных органов, общетоксического действия до возникновения тератогенных, мутагенных и канцерогенных эффектов, ускорения процессов старения и нарушения функций воспроизводства.

За последние годы содержание токсичных элементов в биологических системах привлекло повышенный интерес химиков, биологов, пищевиков, медиков, агрономов и экологов. Будучи осведомленными из многих источников об опасности для здоровья токсичных металлов, общество требует информации относительно токсичных элементов в пище и в окружающей среде. Всеобщий интерес к этой проблеме отразился и на химиках.

Всего несколько лет назад результаты химических исследований по содержанию загрязнителей продуктов питания имели лишь научный интерес, а сегодня данные, получаемые химиками, имеют влияние на политические и экономические решения и сведения по содержанию токсичных элементов в продуктах питания определяют поведение членов общества.

Определяемые в данной работе токсичные металлы: медь, цинк, кадмий и свинец входят в число опасных элементов в гигиеническом контроле в соответствии с международными требованиями, предъявляемыми Объединенной комиссией пищевой и сельскохозяйственной организаций (ФАО) и Всемирной организацией Здравоохранения (ВОЗ) по Пищевому кодексу (Codex Alimentarius).

Цель и задачи исследования.

Цель работы: получить данные по содержанию токсичных металлов в пищевых продуктах, необходимых:

- для стандартизации химического состава пищевых продуктов растительного происхождения Кыргызской Республики;
- для составления таблиц химического состава пищевых продуктов Кыргызской Республики;
- для оптимизации пищевого рациона населения Кыргызской Республики.

В соответствии с поставленной целью определены следующие **задачи исследования:**

- сравнение результатов анализа полученных методами инверсионной вольтамперометрии (ИВА), атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) и атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС);
- рассмотрение взаимосвязи физико-химических свойств токсичных ионов металлов и их накопление в растительных пищевых продуктах;
- изучение содержания в пищевых продуктах растительного происхождения, допущенных к использованию на территории Кыргызской Республики районированных и местных сортов, токсичных металлов (Cu, Zn, Cd, Pb), являющихся наиболее важными в гигиеническом контроле пищевых продуктов;
- выявление особенностей содержания токсичных металлов в исследованных пищевых продуктах, обусловленные районом произрастания и с учетом сезонных колебаний;
- сравнение полученных данных о содержании токсичных металлов с существующими гигиеническими нормативами качества и безопасности пищевых продуктов.

Научная новизна работы.

Впервые проведены целенаправленные, систематические исследования содержания токсичных металлов Cu, Zn, Cd, Pb в некоторых пищевых продуктах растительного происхождения Кыргызской Республики, связанные с получением данных, предназначенных для оптимизации пищевого рациона и стандартизации пищевых продуктов Кыргызской Республики.

Практическая значимость полученных результатов.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке Госстандартов на исследованные виды растительных пищевых продуктов, а также для целенаправленного районирования овощей.

Результаты исследований могут быть использованы в виде справочных данных по содержанию токсичных металлов в растительных продуктах для медиков, экологов, пищевиков, химиков.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты анализа содержания токсичных металлов в пищевых продуктах растительного происхождения методами инверсионной вольтамперометрии (ИВА), атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) и атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС);
- обоснование правильности и точности результатов анализа каждого из методов и вычисление конечного результата анализа, общей погрешности анализа путем совместной обработки данных полученных каждым их методов (ИВА, АЭС, ААС) с применением математической статистики;
- зависимости содержания токсичных металлов в растительных продуктах от физико-химических и комплексообразующих свойств ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} и Pb^{2+} ;

- оценка особенностей содержания токсичных металлов связанного с сезонными колебаниями в 13 видах пищевых продуктов растительного происхождения районированных и местных сортов.

Личный вклад соискателя заключается в определении цели и задач исследований, проведении эксперимента, расчете и оформлении полученных данных в виде научных статей, докладов на международных и республиканских конференциях и симпозиумах.

Апробация результатов диссертации.

Результаты работы докладывались и представлялись на региональных, республиканских и международных конференциях на: республиканской научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития химии и химической технологии в Центрально-Казахстанском регионе» (Караганда, 2000), научно-практической конференции «Наука и новые технологии» (Бишкек, 2000), международной конференции «Молодые ученые-10-летию независимости Казахстана», (Алматы, 2001), третьем международном Беремжановском съезде по химии и химической технологии (Казахстан, Усть-Каменогорск, 2001), симпозиуме «Экологическое загрязнение Турции» (Турция, Гебзе (Кожатели), 2003), международной научно-технической конференции «Инновация в образовании, науке и технике» (Бишкек, 2006).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 10 работ.

Структура и объем диссертации. Работа изложена на 186 страницах машинописного текста, состоит из введения, трех глав, экспериментальной части, обсуждения результатов, выводов, списка литературы содержащего 157 наименований, а также приложения, включающего статистические обработки полученных данных разными методами исследования (ИВА, АЭС, ААС). Работа иллюстрирована 16 рисунками, содержит 38 таблиц.

Основное содержание работы

Работа состоит из введения, трех глав, выводов, списка используемой литературы и приложения.

Во введении обоснована актуальность и важность проводимых исследований, изложены цель и задачи, научная новизна работы, практическая значимость полученных результатов.

В литературном обзоре представлены характеристика химических загрязнителей, роль пищи для поступления токсичных ионов металлов в организм человека и их токсичность.

В качестве объектов исследования были выбраны овощи такие как: жусай, капуста белокочанная, картофель, лук репчатый, морковь, огурцы (грунтовые), перец сладкий, петрушка (зелень), редис, редька, свекла, томаты (грунтовые) и укроп.

Место отбора проб – село Александровка, Московского района Чуйской области, расположенное в центре Чуйской впадины и являющееся типичным в почвенно-климатическом отношении районом для Северо-Кыргызской почвенно-климатической провинции. Время отбора проб 1999-2000 гг.

Отбор проб проводили в соответствии КМС 40.205-99. Для озоления образцов применяли метод сухого озоления с ускорителем (концентрированная азотная кислота ГОСТ 11125-84 ос.ч и 30% раствор пероксида водорода ГОСТ 10929-76) по ГОСТ 26929-94. Температура озоления не превышала $450 \pm 50^{\circ}\text{C}$.

В настоящей работе исследования проводили специализированными для конкретных продуктов аналитическими методами: инверсионной вольтамперометрии «Анализатор ТА-1» (полярнографический); атомно-эмиссионного спектрального анализа (спектрограф ДФС-13 с дифракционной решеткой 600штр/мм); атомно-абсорбционного спектрального анализа «Перкин-Эльмер» СИМАА 6000 с графитовым атомизатором ТНГА (поперечный нагревающий графитовый атомизатор).

Оценку овощных культур проводили согласно предельно допустимых концентраций (ПДК) токсичных металлов (Cu, Zn, Pb, Cd), утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Кыргызской Республики (№2 от 14.01.99), принятые в соответствии с санитарно-гигиеническими документами России, в том числе СанПиН 2.3.2.560-96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов».

Результаты и их обсуждение

Конечный результат анализов полученных разными методами (ИВА, АЭС, ААС) после статистической обработки экспериментальных данных вычисляли как средневзвешенное значение концентраций токсичных металлов (\bar{C}). Для оценки среднего значения содержания токсичных металлов в отдельных видах овощей, отличающихся по времени отбора проб вычислены значения медианы (Me), использование которой для характеристики среднего значения случайной величины при малых объемах выборки более предпочтительно, чем среднего арифметического (табл. 1).

Для оценки качественного состояния овощных культур на предмет содержания токсичных металлов были проанализированы результаты мониторинга в период 1999-2000 гг.

Таблица 1

**Среднее значение (числитель) и диапазон содержаний (знаменатель)
меди, цинка, кадмия и свинца в овощах (мг/кг продукта)**

Объект исследования	Токсичные металлы			
	Медь	Цинк	Кадмий	Свинец
ПДК, овощи	5,0	10,0	0,03	0,5
Жусай	$\frac{4,321}{3,999 - 4,402}$	$\frac{2,889}{2,761 - 3,541}$	$\frac{0,017}{0,017 - 0,018}$	$\frac{0,173}{0,115 - 0,249}$
Капуста белокочанная	$\frac{0,596}{0,464 - 0,741}$	$\frac{0,506}{0,172 - 0,828}$	$\frac{0,022}{0,013 - 0,032}$	$\frac{0,069}{0,050 - 0,081}$
Картофель	$\frac{0,764}{0,580 - 0,854}$	$\frac{2,463}{2,205 - 2,646}$	$\frac{0,015}{0,014 - 0,017}$	$\frac{0,053}{0,016 - 0,146}$
Лук репчатый	$\frac{0,531}{0,246 - 2,143}$	$\frac{0,913}{0,455 - 1,620}$	$\frac{0,011}{0,0003 - 0,018}$	$\frac{0,024}{0,015 - 0,035}$
Морковь	$\frac{1,465}{1,376 - 1,568}$	$\frac{0,873}{0,820 - 0,925}$	$\frac{0,019}{0,019 - 0,021}$	$\frac{0,026}{0,026 - 0,029}$
Огурцы (грунтовые)	$\frac{0,914}{0,651 - 1,240}$	$\frac{1,323}{0,705 - 2,456}$	$\frac{0,009}{0,004 - 0,021}$	$\frac{0,040}{0,035 - 0,184}$
Перец сладкий	$\frac{1,568}{1,139 - 1,965}$	$\frac{0,691}{0,525 - 0,864}$	$\frac{0,016}{0,009 - 0,023}$	$\frac{0,243}{0,077 - 0,476}$
Петрушка (зелень)	$\frac{4,287}{3,254 - 4,370}$	$\frac{1,776}{1,396 - 2,020}$	$\frac{0,019}{0,014 - 0,026}$	$\frac{0,260}{0,236 - 0,282}$
Редис	$\frac{0,975}{0,568 - 1,164}$	$\frac{0,642}{0,549 - 0,722}$	$\frac{0,019}{0,008 - 0,024}$	$\frac{0,034}{0,034 - 0,040}$
Редька	$\frac{0,569}{0,189 - 0,861}$	$\frac{2,733}{1,644 - 4,682}$	$\frac{0,023}{0,021 - 0,025}$	$\frac{0,126}{0,029 - 0,176}$
Свекла	$\frac{1,466}{1,415 - 1,622}$	$\frac{1,915}{1,857 - 1,992}$	$\frac{0,025}{0,024 - 0,025}$	$\frac{0,018}{0,017 - 0,019}$
Томаты (грунтовые)	$\frac{1,569}{1,455 - 2,043}$	$\frac{0,694}{0,464 - 0,918}$	$\frac{0,008}{0,001 - 0,009}$	$\frac{0,058}{0,055 - 0,077}$
Укроп	$\frac{3,983}{3,333 - 4,523}$	$\frac{1,362}{1,040 - 1,413}$	$\frac{0,006}{0,006 - 0,008}$	$\frac{0,298}{0,234 - 0,352}$

Полученные результаты показали (табл. 2), что по величине средней концентрации в исследованных овощных культурах токсичные металлы располагаются в следующем убывающем порядке.

Таблица 2

Последовательность содержания токсичных металлов в овощных культурах (мг/кг)

Овощные культуры	Ряды накопления
жусай, капуста белокочанная, морковь, перец сладкий, зелень петрушки, редис, томаты (грунтовые), укроп	Cu>Zn>Pb>Cd
картофель, лук репчатый, огурцы (грунтовые), редька	Zn>Cu>Pb>Cd
свекла	Zn>Cu>Cd>Pb

Из гистограммы (рис. 1) видно, что исследованные овощные культуры содержат различные количества определяемых металлов, следовательно, они обладают разной способностью усваивать токсичные металлы.

По литературным данным в почве Чуйской долины наибольшим процентом перехода валовых количеств в подвижные формы (усвояемые формы) обладает медь – 7,4мг/кг, что выше ПДК токсичных металлов подвижных форм в почве (5,0мг/кг) на 1,48 раз, а низким цинк – 0,35мг/кг ниже ПДК (23,0мг/кг) (табл. 3). Полученные результаты исследований показали, что для большинства овощей исследованных в работе характерно преобладание в накоплении меди, что вероятно, связано с содержанием подвижной формы (усвояемая форма) меди в почве. Так же в табл. 3 представлено валовое содержание Cu, Zn, Cd и Pb в почве с. Александровка Московского района.

Таблица 3

Содержание токсичных металлов в почве и овощах Чуйской долины (мг/кг)

Показатели	Токсичные металлы			
	Cu	Zn	Cd	Pb
Концентрация в овощах	$\frac{1,770}{0,189 - 4,523}$	$\frac{1,445}{0,172 - 4,682}$	$\frac{0,016}{0,0003 - 0,032}$	$\frac{0,109}{0,015 - 0,476}$
Валовое содержание в почве	80,12	61,62	0,73	84,46
Подвижная форма в почве	$\frac{7,4}{4 - 13}$	$\frac{0,35}{0,12 - 0,62}$	---	---

Исследования показали, что высоким содержанием меди отличаются зеленые овощные растения, такие как укроп, жусай и зелень петрушки, где в

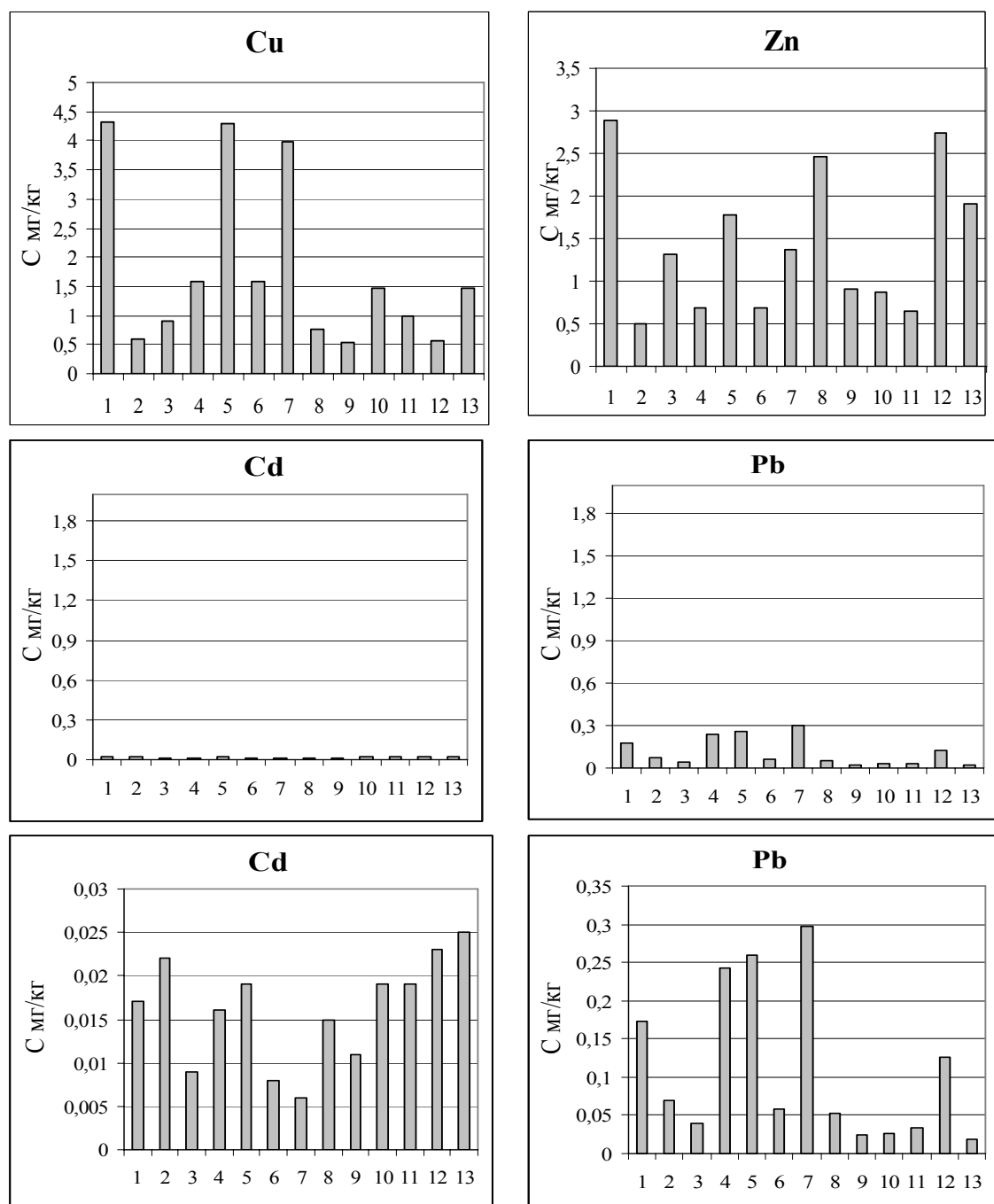


Рис. 1. Гистограмма средней концентрации токсичных металлов в овощных культурах:

- | | | |
|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 – жусай; | 5 – петрушка (зелень); | 9 – лук репчатый; |
| 2 – капуста белокочанная; | 6 – томаты (грунтовые); | 10 – морковь; |
| 3 – огурцы (грунтовые); | 7 – укроп; | 11 – редис; |
| 4 – перец сладкий; | 8 – картофель; | 12 – редька; |
| 13 – свекла. | | |

Примечание. Масштаб гистограммы для кадмия и свинца увеличен, в связи с низким содержанием их в овощах.

отдельных образцах содержание Cu составило 4,523; 4,402 и 4,370 мг/кг соответственно, приближается к ПДК (5,0 мг/кг).

Наибольшее содержание цинка (табл. 1) наблюдается в жусе, редьке и картофеле – среднее содержание 2,889; 2,733 и 2,463 мг/кг соответственно, меньше всего в капусте белокочанной 0,506 мг/кг. Содержание цинка не вызывает опасений, так как в исследуемых пищевых продуктах содержание его значительно ниже в 3,46-19,76 раз ПДК (10,0 мг/кг).

Наиболее опасным токсикантом является кадмий, который в больших количествах может поступать из окружающей среды в съедобные части овощных культур. Кадмий в больших количествах содержится в свекле, редьке и капусте белокочанной – среднее содержание 0,025; 0,023 и 0,022 мг/кг соответственно. Почти в 2,75 и 3,67 раз меньше содержится кадмия в укропе и томатах, чем в капусте белокочанной. Пределы содержания кадмия (табл. 1) показывают, что наиболее высокое содержание кадмия было обнаружено в капусте белокочанной 0,032 мг/кг, что в 1,1 раз превышает ПДК (0,03 мг/кг). Кроме того, высокое содержание кадмия, почти на уровне ПДК обнаружено в 5 видах пищевых продуктов (зелень петрушки 0,026, свекла 0,025, редька 0,025, редис 0,024 и перец сладкий 0,023), где содержание кадмия ниже уровня ПДК всего на 1,15 и 1,30 раз.

Однако, мнения относительно уровня безопасного содержания кадмия в пище расходятся и для некоторых видов пищевых продуктов, для кадмия предлагается ПДК 0,01-0,05 мг/кг продукта. С этой точки зрения в большинстве исследованных пищевых продуктах содержание кадмия является высоким. Относительно небольшое содержание кадмия наблюдается в отдельных образцах (мг/кг): лука репчатого 0,0003, томатов грунтовых 0,001, огурцов грунтовых 0,004, укропа 0,006, редиса 0,008, перце сладком 0,009.

Особую опасность вызывает поступление в овощную продукцию свинца. Среднее значение содержания свинца в овощах не достигает ПДК (0,5 мг/кг), но в отдельных образцах наличие этого элемента составило для перца сладкого – 0,476; укропа – 0,352 мг/кг продукта, что приближается к величине ПДК.

Из всех исследованных образцов овощных культур наиболее благоприятное санитарно-гигиеническое состояние было по содержанию цинка. Рассмотрение представляемого материала показало, что овощные культуры имеют определенную предрасположенность к кумуляции свинца и кадмия. При рассмотрении содержания токсичных металлов по отдельным образцам овощей по приближению к ПДК наблюдается, что свинца и кадмия содержится больше, чем меди и цинка (табл. 4).

Основную причину загрязнения овощей указанными экотоксикантами, очевидно, следует искать в повышении кислотности части почв овощных севооборотов и как следствие возрастающей подвижности и доступности тяжелых металлов для растений. Кроме того, не исключается воздействие

выхлопных выбросов автотранспорта в пригородной зоне, который может стать источником свинца при попадании в овощные культуры.

Таблица 4

Последовательность содержания токсичных металлов в овощах по приближению к ПДК (мг/кг)

Объект исследования	Содержание токсичных металлов
Жусай	Cu > Cd > Pb > Zn
Капуста белокочанная	Cd > Pb > Cu > Zn
Картофель	Cd > Pb > Zn > Cu
Лук репчатый	Cd > Cu > Zn > Pb
Морковь	Cd > Cu > Zn > Pb
Огурцы (грунтовые)	Cd > Pb > Cu > Zn
Перец сладкий	Pb > Cd > Cu > Zn
Петрушка (зелень)	Cu > Cd > Pb > Zn
Редис	Cd > Cu > Pb > Zn
Редька	Cd > Pb > Zn > Cu
Свекла	Cd > Cu > Zn > Pb
Томаты (грунтовые)	Cu > Cd > Pb > Zn
Укроп	Cu > Pb > Cd > Zn

Поглощение металлов растениями и их токсичность зависит от физико-химических свойств соответствующих ионов. В качестве примера на рис. 2 представлен график зависимости концентрации Cu, Zn, Cd и Pb в надземных овощах и корнеплодах от ионного потенциала (IP) металла, где наблюдается увеличение концентрации металлов в овощах с возрастанием IP. Исключение составляют огурцы грунтовые, где содержание Cu уменьшается. В случае с корнеплодами наблюдается такая же картина, но содержание Cu увеличивается в моркови и редисе (рис. 2). Причиной такого разного накопления может быть биологическая способность самих растений к поглощению металлов. Также это связано с ионной формой при поступлении металлов в растения. Медь больше поглощается в виде подвижной формы Cu^{2+} в надземной части растений и перемещается к корням. В тканях корней Cu целиком присутствует в комплексных формах, однако представляется более вероятным, что в клетки корневой системы она проникает в диссоциированных формах. Цинк поглощается растениями в виде иона Zn^{2+} и его гидратированных форм.

На рис. 3 представлена зависимость содержания Cu, Zn, Cd и Pb в овощах от заряда ядра (Z) металлов. С увеличением заряда ядра уменьшается концентрация металлов в надземной и корневой частях растений, следовательно

с увеличением заряда ядра уменьшается доступность металлов при поглощении их растениями.

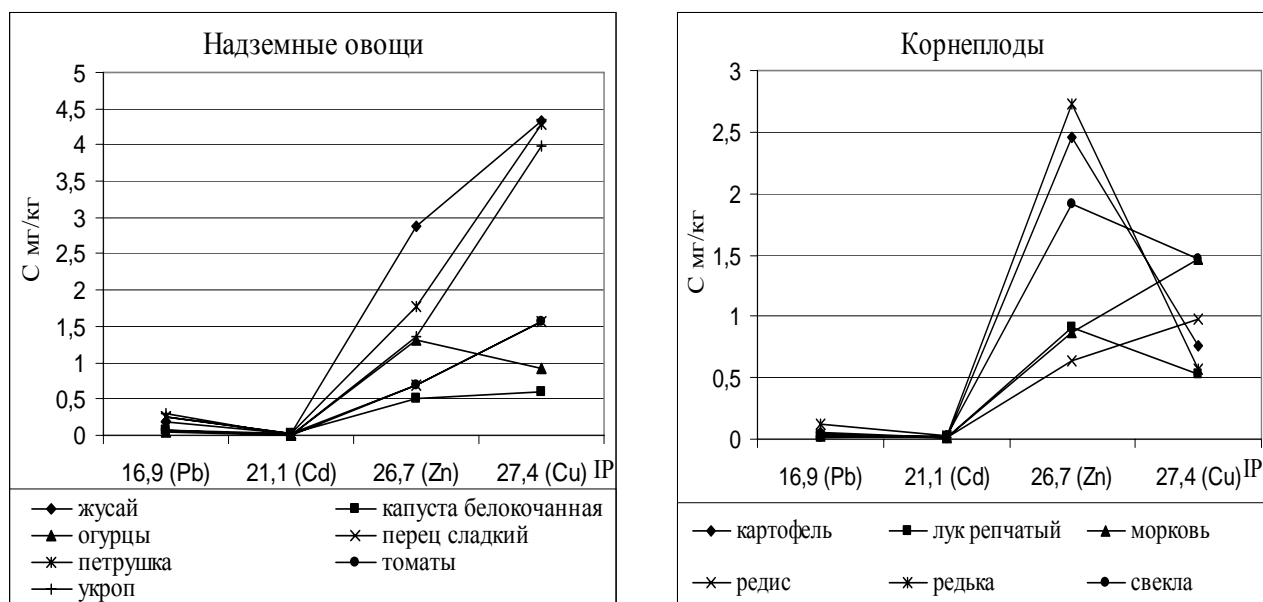


Рис. 2. Зависимость содержания токсичных металлов в овощах от ионного потенциала (IP) металлов

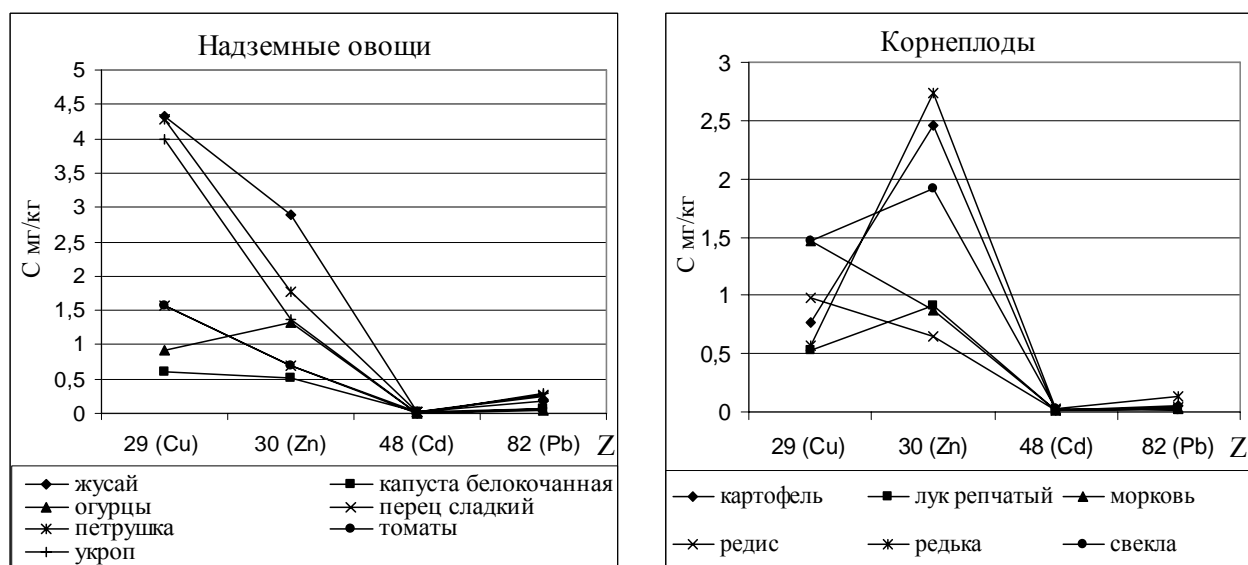


Рис. 3. Зависимость содержания токсичных металлов в овощах от заряда ядра (Z) металлов

Чем выше плотность заряда или отношение величины заряда к радиусу иона металла, тем больше вероятность для иона металла подвергнуться

гидролизу в водных растворах с образованием гидрокомплексов. Медь и цинк более склонны к образованию гидрокомплексов, чем свинец и кадмий.

На рис. 4 представлена зависимость содержания Cu, Zn, Cd и Pb в овощах от числа гидратации иона металлов. Как видно из графиков, с увеличением числа гидратации увеличивается содержание металлов в надземной и корневой частях растений.

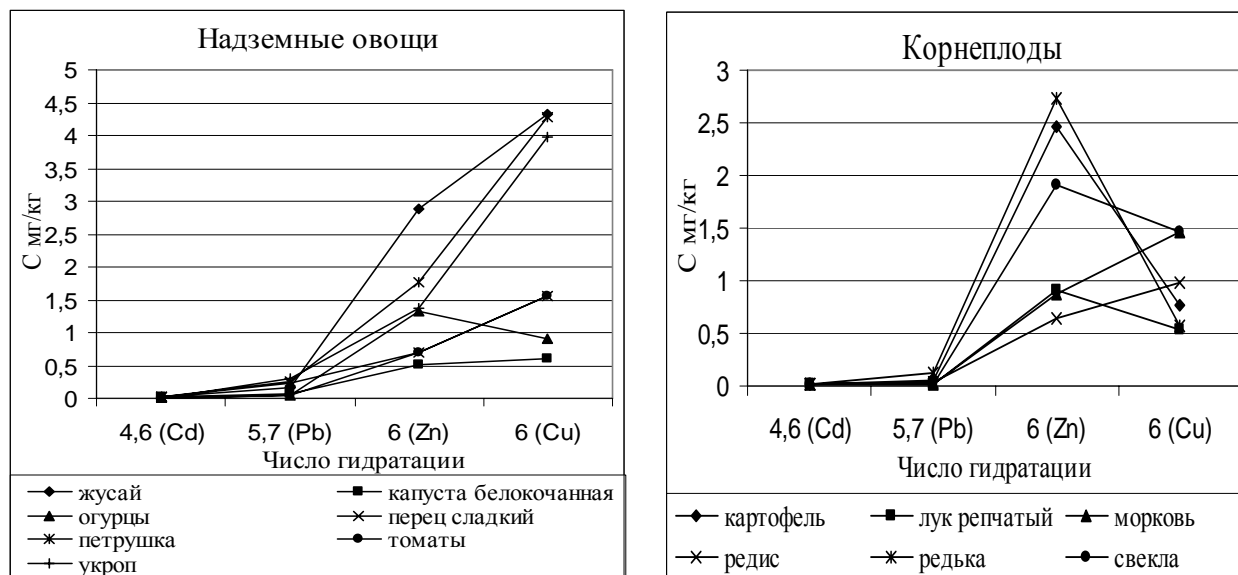


Рис. 4. Зависимость содержания токсичных металлов в овощах от числа гидратации металлов

Наиболее реакционноспособной, токсичной и доступной формой кадмия является катионная форма Cd^{2+} . Например, Cd в больших количествах содержится в виде катионной Cd^{2+} формы – 92,2% в воде. Это может стать причиной накопления кадмия в надземной и корневой части овощных культур.

Кроме того, повышенное содержание меди отмечается в зеленых овощах – жусай, зелень петрушки и укроп. По литературным данным зелень укропа содержит большое количество аминокислот. Это обусловлено биологическими особенностями растения, обладающих повышенной способностью к накапливанию нитратов, при котором значительная часть азота расходуется на синтез органических соединений, прежде всего аминокислот. Например, с увеличением содержания количества белка в зелени петрушки (3,7гр) и укропе (2,5гр) наблюдается увеличение содержания меди. Это связано с тем, что двухвалентный ион меди относится к промежуточным кислотам Льюиса, имеет сродство к азотсодержащим группам и может стать причиной накопления меди в жусае, петрушке и укропе.

В целом в исследованных видах пищевых продуктов растительного происхождения среднее содержание меди, цинка, кадмия и свинца не

превышает действующих нормативов для овощей – ПДК (Cu – 5,0; Zn – 10,0; Cd – 0,03; Pb – 0,5мг/кг) (СанПиН 2.3.2.560 – 96). Но содержание токсичных металлов в некоторых образцах приближается к ПДК. Из 13 видов исследованных овощей высоким содержанием токсичных металлов отличились: капуста белокочанная Cd – 0,032; зелень петрушки Cd – 0,026; Cu – 4,370; перец сладкий Cd – 0,023; Pb – 0,476; укроп Pb – 0,352; Cu – 4,523; жусай Cu – 4,402; свекла Cd – 0,025; редька Cd – 0,025; редис Cd – 0,024 (мг/кг). Результаты исследований по приближению к ПДК таких токсичных металлов как кадмий, свинец и медь вызывает опасения и требуют постоянного контроля на их содержание в растительных продуктах.

Проведенный анализ показал, что содержание токсичных металлов зависит от времени отбора проб и подвергается сезонным колебаниям. На содержание токсичных металлов в растительных продуктах влияют различные факторы: погодные условия (засуха, количество осадков), условия выращивания растений, хранение и т.д. Из табл. 5 видно, что коэффициент вариации V (колебание содержания) токсичных металлов отличается для разных видов растений.

Таблица 5

Характеристика сезонных колебаний содержания Cu, Zn, Cd и Pb в овощах

Объект исследования	Коэффициент вариации, $V\%*$			
	Cu	Zn	Cd	Pb
Жусай	4,23	11,72	3,40	34,89
Капуста белокочанная	18,95	53,34	35,40	20,48
Картофель	15,69	8,09	10,11	89,21
Лук репчатый	89,17	37,90	66,43	33,98
Морковь	6,56	5,22	5,0	5,24
Огурцы (грунтовые)	22,37	46,23	57,64	87,89
Перец сладкий	22,43	22,78	37,13	65,70
Петрушка (зелень)	13,14	15,68	26,60	8,23
Редис	28,99	11,29	38,61	14,20
Редька	53,16	43,97	7,90	58,26
Свекла	7,18	3,52	2,83	5,55
Томаты (грунтовые)	18,46	32,80	72,65	18,95
Укроп	12,52	13,74	14,16	19,75

$$V = \frac{S}{\bar{c}} 100\% *$$

где: S – среднее квадратическое отклонение;
 \bar{c} – среднее значение результатов анализа по всем методам

Коэффициент вариации характеризует относительное рассеивание содержаний токсичных металлов в овощных культурах, который показывает насколько велико рассеивание по сравнению со средним значением. Например, расчет коэффициента вариации жусая показало, что тем больше отличаются результаты между собой тем больше коэффициент вариации. То есть среднее содержание (мг/кг) с июня по сентябрь месяц: Cu – 4,402; 3,999; 4,350; 4,292; Zn – 2,928; 3,541; 2,761; 2,850; Cd – 0,018; 0,017; 0,017; 0,017; Pb – 0,208; 0,249; 0,138; 0,115 соответственно.

Таким образом, коэффициент вариации дает возможность сравнивать изменчивость содержания токсичных металлов в зависимости от времени отбора проб. Например, большим коэффициентом вариации сравнительно с другими овощными культурами отличился лук репчатый (см. табл. 5).

Наибольшие изменения коэффициента вариации (%) обнаружены для свинца в картофеле – 89,21; меди в луке репчатом – 89,17; кадмия в томатах грунтовых – 72,65 и для цинка в капусте белокочанной – 53,34.

Выводы

Впервые систематически изучено содержание токсичных микроэлементов Cu, Zn, Cd и Pb, относящихся к числу наиболее важных в гигиеническом контроле пищевых продуктов, в 13 видах пищевых продуктов растительного происхождения, районированных и местных сортов, допущенных к использованию на территории Кыргызской Республики, модифицированными для исследования пищевых продуктов аналитическими методами – инверсионной вольтамперометрии (ИВА), атомно-эмиссионного спектрального (АЭС) анализа и атомно-абсорбционного спектрального (ААС) анализа.

Методами статистических расчетов установлено отсутствие систематических ошибок в результатах, содержания токсичных металлов полученных разными методами анализа (ИВА, АЭС, ААС) в пищевых продуктах растительного происхождения.

Выявлены взаимосвязь содержания токсичных металлов в растительных продуктах с физико-химическими свойствами ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} и Pb^{2+} , такими как ионный потенциал, заряд ядра и число гидратации.

Установлено, что содержание кадмия по отношению к ПДК в исследованных пищевых продуктах выше чем содержание меди, цинка и свинца.

Установлено, что среднее содержание Cu, Zn, Cd и Pb в исследованных пищевых продуктах не превышает ПДК, принятых для токсичных металлов в овощах, и по величине средней концентрации токсичные металлы располагаются в следующем порядке:

- в жусе, капусте белокочанной, моркови, перце сладком, зелени петрушки, редисе, томатах грунтовых и укропе – $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cd}$;

- в картофеле, луке репчатом, огурцах грунтовых, редьке – Zn>Cu>Pb>Cd;
- в свекле – Zn>Cu>Cd>Pb.

Выявлено, что содержание токсичных металлов в растительных продуктах характеризуется сезонными колебаниями. При определении токсичных металлов в разное время года выявлено высокое содержание токсичных металлов в отдельных видах овощей. Высокое содержание кадмия (ПДК 0,03мг/кг) обнаружено в 5 видах пищевых продуктов (зелень петрушки 0,026, свекла 0,025, редька 0,025, редис 0,024 и перец сладкий 0,023). Кроме того, содержание кадмия в капусте белокочанной (0,032 мг/кг), превышает ПДК в 1,1 раз. Наибольшее содержание свинца (ПДК 0,5мг/кг) обнаружено в отдельных образцах перца сладкого и укропа 0,476; 0,352мг/кг соответственно. В отдельных образцах содержание меди (ПДК 5,0мг/кг) составило в укропе – 4,523, жусе – 4,402 и петрушке – 4,370мг/кг.

Полученные данные отсутствуют в литературе и предназначены для составления таблиц химического состава пищевых продуктов Кыргызской Республики, необходимые для оптимизации пищевого рациона и стандартизации пищевых продуктов Кыргызской Республики.

Рекомендации и предложения

- предложить полученные данные в Национальный институт стандартов и метрологии Кыргызской Республики для стандартизации пищевых продуктов растительного происхождения Кыргызской Республики;
- распространить метод инверсионной вольтамперометрии для проверки качества пищевых продуктов, предназначенных для реализации на рынках нашей республики;
- проводить постоянный контроль уровня загрязнения растительных продуктов токсичными металлами;
- предложить полученные данные Министерству сельского, водного хозяйства и перерабатывающей промышленности Кыргызской Республики для целенаправленного проведения районирования овощей;
- использовать полученные результаты в виде справочных данных по содержанию токсичных металлов в растительных пищевых продуктах для медиков, экологов, пищевиков, химиков.

Основное содержание диссертационной работы отражено в следующих публикациях:

1. Токсичные элементы и продукты питания // Состояние и перспективы развития химии и химической технологии в центрально-казахстанском регионе. Респ. научно-практ. конф., посв. 75-летию акад. Е.А. Букетова. – Караганда, 2000. – С. 223-226. (соавт. Баткибекова М.Б., Нефедова Л.Н.)

2. Минеральный состав овощей // Материалы научно-практ. конф.: Наука и новые технологии. – 2000. – №5. – С. 259-262. (соавт. Баткибекова М.Б., Нефедова Л.Н.)

3. Определение содержания цинка, кадмия, свинца и меди в луке репчатом методом инверсионной вольтамперометрии // Материалы Междунар. конф.: Молодые ученые 10 летию независимости Казахстана. – Алматы, 2001. – С. 697-699. (соавт. Баткибекова М.Б., Нефедова Л.Н.)

4. Вольтамперометрическое определение цинка, кадмия, свинца и меди в овощах // Вестник КТУ им. И.Раззакова. – 2001. – №3. – С. 64-67. (соавт. Баткибекова М.Б., Нефедова Л.Н.)

5. Определение содержания марганца, меди и цинка в почве атомно-эмиссионным спектральным анализом // Третий Беремжановский съезд по химии и химической технологии, посвященный 90-летию со дня рождения член-корр. НАН РК Б.А. Беремжанова. – Усть-Каменогорск, 2001. – С. 376-378. (соавт. Баткибекова М.Б., Нефедова Л.Н.)

6. Bişkek'te yetiştirilen bazı sebzelerin toksik metal içeriği // Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gevire Mühendisliği Bölümü «Türkiyede çevre kirlenmesi öncelikleri» sempozyumu IV, 9-10 Ekim. – Gebze, Kocaeli, 2003. – S. 567-571. (co-authors M.B. Batkibekova, L.N. Nefedova, M.S. Öncel, M. İnce)

7. Инверсионно-вольтамперометрическое определение меди, цинка, кадмия и свинца в пищевых продуктах Кыргызской Республики // Известия КНТУ им. И.Раззакова. – 2005. – №7. – С. 169-172.

8. Определение меди, цинка, кадмия и свинца в пищевых продуктах атомно-абсорбционным спектральным анализом // Известия КГТУ им. И.Раззакова. – 2006. – №8. – С. 183-188. (соавт. Стамбекова Б.Б.)

9. Химический состав растительных продуктов Чуйской долины // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2006. – Т.3. – С. 97-100. (соавт. Баткибекова М.Б.)

10. Содержание токсичных металлов в пищевых продуктах растительного происхождения // Пищевая технология и сервис. – Алматы, 2007. – №6. – С. 54-56.

РЕЗЮМЕ

Усубалиева Айгүл Мирбековнанын «Өсүмдүк тамак аш продуктуларында жездин, цинктин, кадмийдин жана коргошундун топтолушунун физика-химиялык негиздери» деген темадагы 02.00.01 – органикалык эмес химия адистиги боюнча химия илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасына көрсөтүлгөн диссертациясына берилди

Негизги кездешүүчү сөздөр: токсикалык металдар, жашылчалар, топурактар, металлдардын физика-химиялык касиеттери.

Изилдөөнүн объектиси: өсүмдүк тамак-аштары: жусай, ак капуста, картошка, пияз, сабиз, бадыраң, жашыл калемпир, петрушка (жашылы), шалгам, туруп, кызылча, помидор жана укроп.

Иштин максаты: тамак-аштагы токсикалык металлдар жөнүндө маалымат алып аларды төмөнкү багытта колдонуу:

- Кыргыз Республикасынын өсүмдүк тамак-аштарынын химиялык курамын стандарттоодо;

- Кыргыз Республикасынын тамак-ашынын химиялык курамын түзүүдө.

Изилдөөнүн ыкмалары: токсикалык металлдарды (жез, цинк, кадмий жана коргошун) инверсиондук вольтамперометрия, атом-эмисиондук жана атом-абсорбциондук спектралдык ыкмалардын жардамы менен аныкталды.

Илимий изилдөөдөгү иштин жаңылыктары: Кыргыз Республикасында өстүрүлгөн кээбир өсүмдүк тамак-аштарынын химиялык курамын, биринчи жолу багытталган, систематикалык изилдөө жүргүзүлдү жана андан алынган маалыматты Кыргыз Республикасынын тамак-аштарын стандарттоого жана тамак-аш рационун жакшыртууга багытталган.

Колдонуу аймагы: медицина, айыл чарба, тамак-аш өнөр жайы.

РЕЗЮМЕ

**диссертации Усубалиевой Айгуль Мирбековны на тему:
«Физико-химические основы накопления меди, цинка, кадмия и
свинца в пищевых продуктах растительного происхождения» на соискание
ученой степени кандидата химических наук по специальности
02.00.01 – неорганическая химия**

Ключевые слова: токсичные металлы, овощи, почвы, физико-химические свойства металлов.

Объект исследования: пищевые продукты растительного происхождения: жусай, капуста белокочанная, картофель, лук репчатый, морковь, огурцы (грунтовые), перец сладкий, петрушка (зелень), редис, редька, свекла, томаты (грунтовые) и укроп.

Цель исследований: Получить данные по содержанию токсичных металлов в пищевых продуктах, необходимых:

- для стандартизации химического состава пищевых продуктов растительного происхождения Кыргызской Республики;
- для составления таблиц химического состава пищевых продуктов Кыргызской Республики;
- для оптимизации пищевого рациона населения Кыргызской Республики.

Методы исследований: Определение токсичных металлов (медь, цинк, кадмий и свинец) проводили методом инверсионной вольтамперометрии, атомно-эмиссионным и атомно-абсорбционным спектральным анализом.

Научная новизна работы: Впервые проведены целенаправленные, систематические исследования содержания токсичных металлов Cu, Zn, Cd, Pb в некоторых пищевых продуктах растительного происхождения Кыргызской Республики, связанные с получением данных, предназначенных для оптимизации пищевого рациона и стандартизации пищевых продуктов Кыргызской Республики.

Область применения: медицина, сельское хозяйство, пищевая промышленность.

RESUME

**of the dissertation of Aigul Usubalieva Mirbekovna on the theme:
"Physical and chemical bases of the accumulation of copper, zinc,
cadmium and lead in foodstuffs phytogenic" presented for candidate of chemical
science degree on specialty 02.00.01 – inorganic chemistry**

Key words: toxic metals, vegetables, soil, physical and chemical properties of metals.

Object of research: foodstuff of phytogenesis: jusai, cabbage, potato, onions, carrots, cucumbers, pepper sweet, parsley (greens), garden radish, radish, beet, tomatoes and fennel.

Purpose of research: To define the data's and information on toxic metal in foodstuffs which are needed:

- for standardization of chemical structure of photogenic foodstuffs of Kyrgyz Republic;
- for elaborating tables of chemical structures of foodstuffs of Kyrgyz Republic;
- for optimization dietary intake of population of Kyrgyz Republic.

Methods of researches: Definition of toxic metals (copper, zinc, cadmium and lead) were provided by the method of inverse voltammeter, atomic-emission and atomic-absorption spectral analysis.

Scientific novelty of work: For the first time are carried out purposeful regular researches of maintenance of toxic metals Cu, Zn, Cd, Pb in some photogenic foodstuff of the Kyrgyz Republic, connected with the data acquisition, intended for optimization of a dietary intake and standardization of foodstuff of the Kyrgyz Republic.

Field of using: medicine, agriculture, the food-processing industry.