



Лекция 2.  
Химические опасности. Токсичные элементы.



Мышьяк



Свинец



Ртуть

# План

1. Классификация металла
2. Абсорбция, хранение и выведение металла
3. Режимы активации токсичности металла

# Введение

Химические элементы в виде ионов, минеральных солей, комплексных соединений с неорганическими и органическими веществами входят в состав живой материи и являются незаменимыми нутриентами. В виде ионов минеральные вещества участвуют в передаче нервных импульсов, обеспечивают ряд физиологических процессов организма, входят в состав органических соединений, например гемоглобин, являются материалом для построения тканей организма и т.д.

# Введение

- ▶ Около 80 из 103 элементов, перечисленных в периодической таблице элементов являются металлами.
- ▶ Некоторые металлы необходимы для здоровья человека, но некоторые из них представляют негативное влияние на здоровье (токсичные металлы).
- ▶ Металлы могут попасть в продукты через окружающую среду или обработку пищевых продуктов.
- ▶ В прошлом были отмечены случаи фальсификации в которых присутствовали некоторые токсичные металлы.

# Классификация металлов

## ▶ Физические свойства

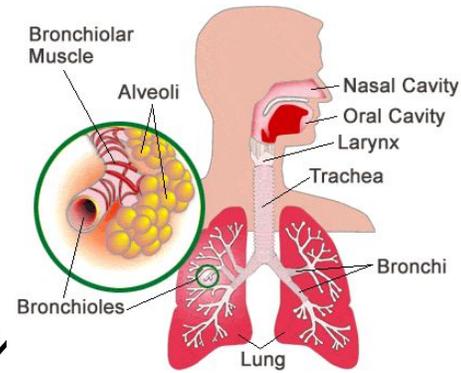
- ▶ Высокий коэффициент отражения и металлический кластер
- ▶ Высокая электропроводность
- ▶ Высокая теплопроводность
- ▶ Прочность и пластичность - характеризуется способностью материала растягиваться

## ▶ Химические свойства

- ▶ Растворимость
- ▶ степени окисления

## ▶ Токсичные металлы ⇔ Токсичные металлы

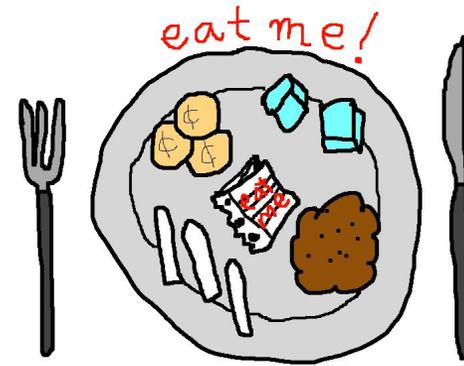
# Абсорбция



## ▶ Абсорбция через дыхательные пути

- ▶ Металл можно вдыхать в виде паров или аэрозоля (дыма или частиц пыли)
  - ▶ Дым или паров некоторых металлов и их соединения легко абсорбируются из воздуха (кадмия, ртути, тетраэтилсвинец)
- ▶ Мукоцилиарная система - местная защита слизистой оболочки органов дыхания от внешних воздействий, включая инфекцию,
  - ▶ Мелкие частицы могут достигать альвеол (концевая часть дыхательного аппарата в лёгком, имеющая форму пузырька, открытого в просвет альвеолярного хода). Альвеолы участвуют в акте дыхания, осуществляя газообмен с лёгочными капиллярами. Водорастворимые металлические аэрозоли быстро всасывается из альвеол в кровь

# Absorption



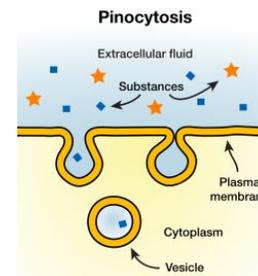
## ▶ Желудочно-кишечного всасывания

- ▶ Металл может попасть в желудочно-кишечный тракт через пищу, воду, **мукоцилиарный клиренс**
- ▶ Металл поглощены в клетки, выстилающие кишечный тракт путем :

- ▶ Пассивный или облегченной диффузии
- ▶ Удельный процесс переноса
- ▶ пиноцитоз

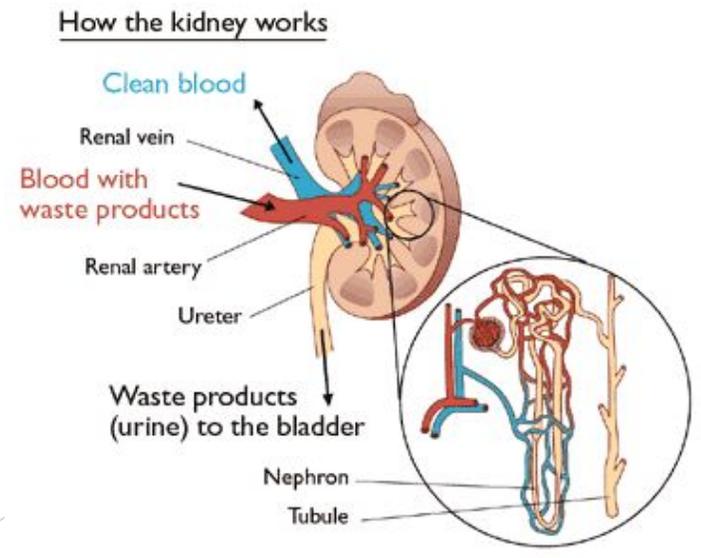
## ▶ Зависит от многих факторов

- ▶ Растворимость металла в жидкостях желудочно-кишечного тракта
- ▶ Химические формы металла (жирорастворимый метил-ртуть полностью всасывается по сравнению с неорганической ртутью - плохо всасывается)
- ▶ Наличие и состав других материалов в желудочно-кишечном тракте
- ▶ Композиция для объектов поглощения между сходными металлов (цинк и кадмий или кальция и свинца)
- ▶ Воздействие физиологического состояния человека (витамин D повышает поглощение свинца)



# Выведение

- ▶ Почки - Важный путь экскреции
  - ▶ Металлы в плазме крови связывается с белками плазмы и аминокислотами
  - ▶ Металлы, связанные с низким молекулярным весом белков и аминокислотами, фильтруются в виде клубочки в жидкости в канальцах почек
  - ▶ Некоторые металлы (Cd и Zn) эффективно поглощаются в трубчатых эпителиях, прежде чем они достигнут мочевого пузыря, где очень мало происходит всасывание



# Выведение

- ▶ **Энтерогепатическая циркуляция**
  - ▶ Абсорбированный металл в организме может также выводиться из желудочно-кишечного тракта, желчи, панкреатического секрета или слюны
- ▶ **Второстепенные пути**
  - ▶ Волосы (Hg, Zn, Cu и As)
  - ▶ Ногти
  - ▶ Слюна
  - ▶ Пот
  - ▶ Выдыхаемым воздухом
  - ▶ Лактация
  - ▶ Отшелушивание кожи

# Острая токсичность металла

Влияние органов и тканей тех, которые вовлечены в поглощении и ликвидации

- ▶ Результат накопления высоких, критических концентраций металла, которые на этих участках с небольшой возможностью детоксикации, устранены или адаптированы для металла
- ▶ Токсичность острой интоксикации металла предназначена для:
  - ▶ Повышение ликвидации металла с помощью нейтрализации
  - ▶ Предотвратить необратимые повреждения органов и тканей
  - ▶ Лечить симптомы острой токсичности

# Хроническая токсичность

- ▶ Продолжительность начального воздействия с наступлением признаков и симптомов - продолжительность месяцами до нескольких лет
  - ▶ Диагноз хронической интоксикации металла сложнее, чем острой интоксикации
- ▶ Диагноз - наличие чрезмерного количества металлов в крови и моче
- ▶ Система органов не участвует в поглощении или ликвидации металла, таких как гемопоэтических или может влиять на иммунную систему

# Восприимчивость к металлам

- **Возраст** – молодой или старый?
- **Питание** (потребление с существенными металлами)
- **Аллергическая реакция**(имунная система)
- **Формы металла**(органическая или неорганическая)
- **Стиль жизни** – курение или алкоголь
- **Занятость**
- **Окружающая среда** (свинцовая окраска?)

# Некоторые металлы имеют очень важные физиологические функции

- Cu** □ Медь (Cu)
- Fe** □ Железо (Fe)
- Mg** □ Магний (Mg)
- Mn** □ Марганец (Mn)
- Se** □ Селен (Se)
- Zn** □ Цинк (Zn)

# Токсические металлы

Al □ **Алюминий (Al)**

As □ **Мышьяк (As)**

Cd □ **Кадмий (Cd)**

Co □ **Кобальт (Co)**

Pb □ **Свинец (Pb)**

Hg □ **Ртуть – Неорганическая (Hg)**

Hg-CH<sub>3</sub> □ **Ртуть – органическая (Hg-CH<sub>3</sub>)**

Ni □ **Никель (Ni)**

Sn □ **Олово (Sn)**

# Тяжелые металлы

- ▶ Cd, Pb и Hg известны как тяжелые металлы.
- ▶ Тяжелые металлы: металл или сплав с плотностью выше, чем  $4.5-5.0 \text{ kg dm}^{-3}$ .
- ▶ Хром (Cr) и никель (Ni) также сгруппированы как тяжелые металлы, обычно находятся в пище, что не является токсичными в концентрациях, но которые используются в огромных количествах в оборудовании, которые могут вступать в контакт с пищевыми продуктами.

# Кадмий (Cd)

- **Использование:** сплав в металле, краска
- **Источник:** моллюски, сигаретный дым, на рабочем месте - сварка, лакокрасочные
- **Абсорбция:** кишечник, легкие
- **Токсичность:** легкие, почки, обмен веществ кальция, возможный канцероген легких

# Кадмий (Cd)

- Кадмий может накапливаться в организме человека и может вызвать дисфункцию почек, скелетное повреждение и репродуктивные недостатки
- ▶ Наиболее известным событием токсических эффектов Cd для человека, вероятно, **«Болезнь Итай-Итай»** («ой-ой больно»).
- ▶ В Японии, после Второй мировой войны и вплоть до начала 1970-х годов □ привело к серьезной деформации костей и, во многих случаях, к смерти

# Кадмий (Cd)

- ▶ Было установлено, что в результате речной воды загрязняется Cd-содержащими отходами от горных работ
- ▶ Речная вода использовалась для орошения рисовых полей, в результате чего Cd-загрязненный рис, часто содержал уровни Cd между 0,5 и 1 мг / кг
- ▶ Потребители, в частности женщин и страдали остеомалацией, что привело к скелетной деформации и частых переломов костей. Даже малейшее напряжение, таких как кашель, могло привести, например, к поломке ребер

# Кадмий (Cd)

- ▶ Содержание Cd может значительно варьироваться между различными пищевыми продуктами, от менее 0,001 до 100 мг/кг. Большинство из них обычно потребляемых продуктов содержит низкие уровни Cd.
- ▶ Мышечные ткани у большинства животных, в том числе рыбы, содержат уровни ниже 0,01 мг/кг. в крабовых гепатопанкреасе уровни были обнаружены приблизительно 100 мг/кг.
- ▶ Поглощение Cd взрослыми составляет порядка 5%, и собирается в основном в почках

# Свинец (Pb)

- **Использование:** аккумуляторы, старая краска и бензин
- **Источник:** дома, краски, пыль, дети-от руки в рот, на рабочем месте
- **Абсорбция:** кишка (50% детей, 10% взрослых)
- **Токсичность:** с развитием и нервной системы
- **Факты:** очень чувствительны к низким уровням воздействия с развитием нервной системы



## Свинец (Pb)

- Поглощение свинца может представлять собой серьезную опасность для здоровья населения.
- Поглощение Pb из пищи взрослыми составляет порядка 10%, тогда как дети могут поглощать до 50%.
- Большую часть Pb накапливается в скелете. Pb может пройти через плацентарный барьер и гематоэнцефалический барьер у детей.
- Свинец может вызвать понижение умственного развития и интеллектуальных способностей у детей и повышение кровяного давления и сердечно-сосудистые заболевания у взрослых.

## Свинец (Pb)

- ▶ Pb могут быть обнаружены в большинстве пищевых продуктов, но есть только несколько продуктов, которые, естественно, содержат высокие уровни
- ▶ Потребление пищи, содержащая свинец должно быть настолько низким, насколько это возможно. ДСД для Pb (0,025 мг/кг массы тела) было решено международной группой экспертов. Это равно 1,75 мг Pb/неделю для человека весом 70 кг

## Содержание свинца в некоторых продуктах питания

Продукт	Содержание Pb, мг/кг
Фрукты	0,01-0,6
Овощи	0,02-1,6
Крупы	0,03-3
Мясо и рыба	0,0-0,78
Молоко	0,01-0,1

# Свинец - профилактические меры

- ▶ Совершенствование рабочего процесса - устранение, замена, добавление, инженерный контроль
- ▶ Гигиена рабочего места
- ▶ Соответствующее ПДК
- ▶ Соответствующее обозначение
- ▶ Предотвратить отравление свинцом с детства

# Инженерный контроль оборудования

- ▶ Локальная система вытяжной вентиляции
- ▶ Разбрызгиванием воды, чтобы контролировать пыль
- ▶ Бортовое химическое удаление и изолирующее оборудование
- ▶ требования к техническому обслуживанию
  - ▶ В эксплуатационных условиях
  - ▶ Ежемесячный осмотр
  - ▶ Годовой осмотр и тестирование
  - ▶ Ведение документации

**Содержание металлов (ppm, dw) в мясе (бедро) и внутренних органов (желудок, тонкая кишка, требуха) крупного рогатого скота, которые пасутся в местах захоронения отходов**

<b>Tissue</b>	<b>Cr</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>
<b>Meat</b>	0.838	1.165	0.168	119.72	155.76	10.64
<b>Lever</b>	0.855	1.741	0.287	581.623	144.743	-
<b>Rumen, Abomasum</b>	3.120	1.705	0.291	616.965	119.941	-
<b>Jejenum</b>	0.034	-	0.186	196.553	34.738	-
<b>MRL (UK)</b>	0.02- 0.56	0.01- 0.09	1.94	3-4	33.0	-

**Скот (коровы) в местах захоронения отходов**



# Потенциальная токсичность ртути

- ▶ Элементарная ртуть
- ▶ Ртуть встречается в природе: в почве и атмосфере от вулканических выбросов
- ▶ Ртуть извлекается и используется в промышленности, затем поступает в воздух или воду

# Элементарная ртуть

- ▶ Также упоминается как «неорганическая» ртуть наряду с солями ртути
- ▶ Очень токсичен для нервной системы, а также для почек
- ▶ Но.... очень плохо всасывается в желудочно-кишечный тракт, так как проглатывание представляет большой риск
- ▶ Вдыхание дает более высокое воздействие

# Токсичность органической ртути

- ▶ Ртуть можно сформулировать в виде органического соединения с сильными антимикробными свойствами
- ▶ Форма ртути с наибольшим количеством проблем токсичности
- ▶ Метилртуть (органическая) является гораздо более токсичным, чем другие формы и хорошо всасывается при приеме пищи

# Ртуть

- ▶ Метилртуть может вызвать изменения в нормальном развитии мозга младенцев и на более высоких уровнях может вызвать неврологические изменения у взрослых.
- ▶ Ртуть загрязняет в основном рыбы и рыбопродукты.

# Органические отравления ртутью

- ▶ Минамата, Япония, 50 лет назад ... Морепродукты из залива были загрязнены ртутью от промышленных источников, были замечены многие случаи нейротоксичности, непосредственно связанные с потреблением морепродуктов
- ▶ Наиболее поразительным была уязвимость мозга плода, токсичность ртути показали высокие темпы церебрального паралича у детей, рожденных в этот период

# Метилртуть - источник воздействия

- ▶ Элементарную ртуть в метилртуть биотрансформируют бактерии, а затем бактерии поедаются моллюсками, ракообразными и т.д.
- ▶ Плохо устраненные концентраты в пищевой цепи ... крупнейших и старейших хищники в верхней части экосистемы имеют самые высокие концентрации
- ▶ Метилртуть распределяется равномерно по всей рыбе и не изменяется при приготовлении пищи

# В какой рыбе содержится низкое количество ртути?

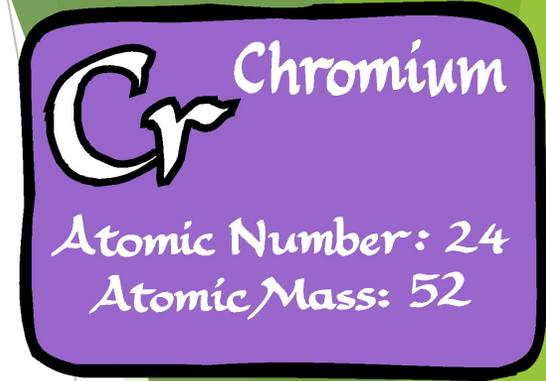
- ▶ Океаническая рыба реже имеет промышленное загрязнение, чем озерная рыба
- ▶ Рыбы, которые не являются хищниками
- ▶ Маленькие рыбки
- ▶ Лосось - (за исключением большого, озерная лосось)
- ▶ Данные отсутствуют во многих видах

# На сколько токсична ртуть?

- ▶ Следуя охране окружающей среды опорного дозу :
  - ▶ Рыба с уровнями 1 части на миллион или больше не должно быть потреблено
  - ▶ Рыба с уровнями более 0,2 частей на миллион необходимо ограничить, примерно один раз в неделю

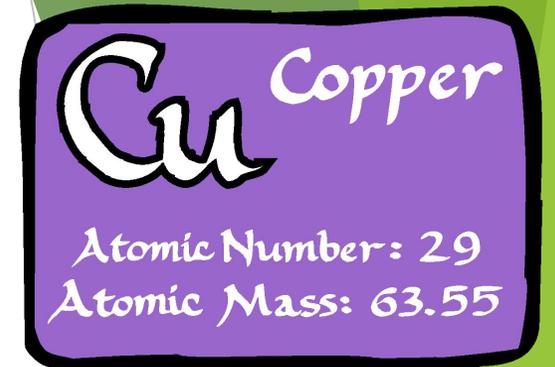
# Хром (Cr)

- **Использование** – существенным элементом, связанный с инсулином, нержавеющей сталью, обработка кожи
- **Источник** – продовольственное снабжение, вдыхание
- **Рекомендуемая суточная** – 50-200  $\mu\text{g}$
- **Абсорбция** – кишка
- **Токсичность** – острое воздействие, причина повреждения почек, рак легких
- **Факты** – поставляются в различных окисленных формах –  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$

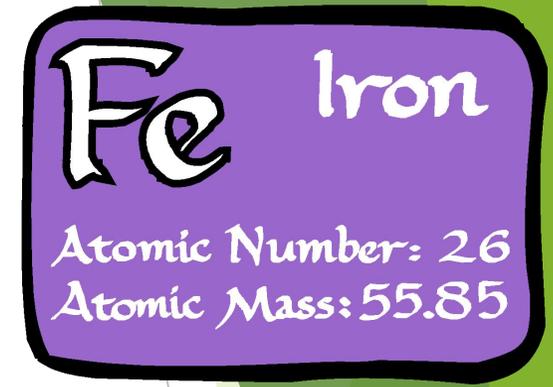


# Медь (Cu)

- **Использование** – существенный элемент, широко используется
- **Источник** – легко доступны с пищей
- **Рекомендуемая суточная** – **1.5-3.0 mg**
- **Абсорбция** – кишка
- **Токсичность** – Дефицит - анемия
  - Превышение редко, болезнь Вильсона
- **Факторы** – избыток лечение пенициллином
  - могут быть токсичными для травоядных животных



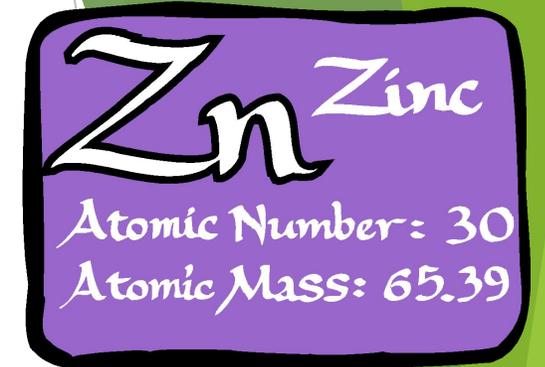
# Железо (Fe)



- **Применение** - переносит кислород в гемоглобине
- **Источник** – пища
- **Рекомендуемая суточная**– 10-15 mg
- **Абсорбция** – кишка
- **Токсичность** – Избыток вызывает кровавые выделения, кровавую рвоту, поражение печени
- **Факторы** - 3-5 г в теле
  - 67% связано с гемоглобином

# Цинк (Zn)

- **Использование** - существенный элемент, с несколькими ферментами и белками
- **Источник** – потребление продуктов, воды
- **Рекомендуемая суточная** – 12-25 mg
- **Абсорбция** – кишка
- **Токсичность** – дефицит - нарушение роста, неврологические расстройства, - вдыхание может вызвать лихорадку



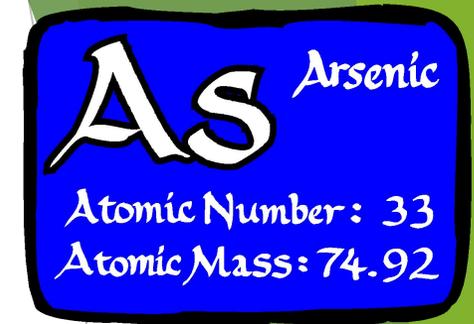
# Алюминий (Al)

- **Использование** – широкий ассортимент потребительских товаров, самолеты
- **Источник** – пища, питьевая вода
- **Абсорбция** – незначительная
- **Токсичность** – диализ, слабоумие, возможно нейротоксическое
- **Факторы** – незначительный, потребление 1-10 мг/день



# Мышьяк (As)

- **Использование** – пестициды и гербициды
- **Источник** – пища, питьевая вода
- **Абсорбция** – кишка
- **Токсичность** – рак, сердце, печень, неврологическое
- **Факторы** – существует в различных состояниях - трехвалентный (самый распространенный), пяти-, триоксид мышьяка, органических и неорганических ... и т.д. ...



# Мышьяк

- ▶ Источник
  - ▶ Мышьяксодержащие минеральные руды
  - ▶ Промышленные процессы
    - ▶ Производство полупроводников (арсенид галлия)
    - ▶ Ископаемое топливо
    - ▶ Древесина, обработанная консервантами мышьяка
    - ▶ Металлургия
    - ▶ Сплав (медь, цинк, свинец) и рафинирование металлов и руд
    - ▶ Производство стекла
- ▶ Товарная продукция
  - ▶ Древесные консерванты
  - ▶ Пестициды
  - ▶ Гербециды
  - ▶ Фунгициды



# Мышьяк



Ладонный  
кератоз

## ► Токсикокинетика

- T<sub>1/2</sub> неорганического мышьяка в крови составляет 10 ч и органического мышьяка составляет около 30 часов
- после экспозиции через 2-4 недели, большинство из оставшегося мышьяка в организме находится в тканях (ногти, волосы, кожа)
- Неорганический мышьяк превращается в органические соединения мышьяка (biomethylation в monomethylarsonic- MMA и DMA) в печени
- Это может представлять собой процесс **детоксикации**
- Выводится почками (30-50% неорганического мышьяка из организма - в среднем около 3 дней)
- Обе формы выведения зависят от остроты воздействия и дозы

# Проявления острого отравления мышьяком

<b>Воздействие телесного организма</b>	<b>Симптомы и признаки</b>	<b>Время наступления</b>
Систематический	Гиповолемии, Гипотония	Минуты Минуты до нескольких часов
Желудочно-кишечный	Чесночный или металлический привкус Сжигание слизистой Тошнота и рвота, диарея Боль в животе, кровавая рвота Кровянистый стул	Немедленная немедленная минуты Минуты до нескольких часов Минуты до нескольких часов Минуты до нескольких часов часы часы
Со стороны системы кроветворения (образование крови или клеток в организме)	Гемолиз гематурия Лимфопения Панцитопения	Минуты до нескольких часов Минуты до нескольких часов Несколько недель Несколько недель
Легочный (в первую очередь воздействие из-за вдыхания)	Кашель Одышка Грудная боль Отек легких	немедленная Минуты до нескольких часов Минуты до нескольких часов Минуты до нескольких часов
Печень	Желтуха дегенерация жира Центральный некроз	Дни Дни Дни
Почки	Протеинурия гематурия Острая почечная недостаточность	Часов до нескольких дней Часов до нескольких дней Часов до нескольких дней

# Резюме: Токсичность органов-мишеней

Метал	Почки	Нерв	Печень	Кишка	Легкое	Кровь	Кость	желудок	Кожа	Сердца
Мышьяк		+	+	+	+	+		+	+	+
Кадмий	+	+		+	+		+			+
Хром			+		+				+	
Свинец	+	+		+		+		+	+	
Ртуть	+	+		+	+			+		
Никель		+			+				+	

