

# Токсические химические элементы

## Химизм действия

Выполнил:

Бибиков Степан Алексеевич 1 курс 18 группа.

Научный руководитель:

А.Ю. Малыхин доцент кафедры общей и биорганической химии.

# Токсические элементы

## краткая характеристика

- ▶ Токсические элементы, или, как их еще называют, тяжелые металлы стоят на первом месте по степени вредности и количеству поступления в организм. Это, в основном, политропные яды, которые с относительно небольшой избирательностью накапливаются в разных органах и тканях и дают широкий спектр болезненных симптомов. Особенно опасно их попадание в организм на ранних стадиях развития.
- ▶ К тяжелым токсичным металлам относятся 14 химических элементов: ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, сурьма, олово, цинк, алюминий, бериллий, железо, медь, хром, таллий и никель. Важно отметить, что многие тяжелые металлы принимают участие в биологических процессах и в качестве микроэлементов необходимы для функционирования живых организмов. Однако, При повышении оптимальной физиологической концентрации элемента в организме может наступить интоксикация, а дефицит многих элементов в пище и воде может привести к достаточно тяжелым и трудно распознаваемым явлениям недостаточности.

# Ртуть

- ▶ Токсическое действие ртути и ее соединений было известно еще в античные времена. Уже тогда ртуть относили к ядовитым веществам, описали примеры ртутных отравлений и указывали способы их лечения. Более того, именно из-за токсичности ртуть в те времена находила ограниченное применение в медицине. Позже на ядовитые свойства ртути неоднократно обращали внимание арабские алхимики и врачи, которые заметили, что змеи и скорпионы покидают жилища, где была разлита ртуть.
- ▶ О вредном влиянии ртути люди знали и в средние века, и значительно позже, однако эти сведения не имели широкого распространения. Такое положение вещей сохранялось вплоть до 50-х годов XX века.



Каломель



▶ Ртуть применяется в промышленности в виде металлической ртути, сулемы, азотнокислой ртути, каломели, гремучей ртути. Пары ртути очень токсичны, при поступлении в пищеварительный тракт металлическая ртуть малотоксична и почти полностью выводится с калом.

▶ Ртуть относится к группе тиоловых ядов, блокирует сульфгидрильные группы белковых соединений, что приводит к глубоким нарушениям обмена веществ, особенно в ЦНС.

▶ В последние годы участились явления микромеркуриализма из-за неконтролируемых выбросов во внешнюю среду ртути и ее соединений, загрязнения производственных, учебных и жилых помещений.

▶ При массовых ртутных отравлениях могут встречаться такие клинические формы, как ртутная нейроаллергия (синдром Феера, акродиния, ртутная энцефалопатия). При этом состоянии в результате поражения промежуточного мозга возникают многообразные симптомы: дистрофия кожи, псевдопараличи, мышечная и артериальная гипотония, астено-невротические состояния и вегето-сосудистая дистония. Дистрофия волосяных фолликулов и облысение напоминает небезызвестные признаки отравления другими металлами, таллием. Диагноз уточняется после определения ртути в моче.



Сулема

- ▶ Пары металлической ртути хорошо проникают в организм через легочные мембраны благодаря высокому содержанию в них липидов, одновременно поражая легкие в виде специфических пневмопатий с ателектазами. Депонируется ртуть прежде всего в ЦНС. Элиминация ее осуществляется почками, может задерживаться в них на некоторое время. Металлическая ртуть может попасть и через желудочно-кишечный тракт, хотя всасывается из него очень мало, а также через кожу и слизистые оболочки. Надо учесть возможность поступления ртути через плаценту к плоду, вызывающей у него соответствующие нарушения. Поэтому беременных надо немедленно удалять из опасной зоны.
- ▶ В организме ртуть накапливается преимущественно в органах, богатых липидами: нервная система, мембраны альвеол, печень, почки, эндокринные железы.
- ▶ Клинически все виды отравления ртутью подразделяются на острые и хронические. В основе такого деления лежит быстрота и тяжесть (выраженность) симптоматики, прогрессивность течения, обусловленные дозой и экспозицией яда. В определенной мере такая классификация условна. Большое значение имеет возраст, анатомо-физиологические особенности и состояние дезинтоксикационных свойств организма, проверяемых по ряду биохимических параметров, в том числе ферментативных, и уровню сульфгидрильных групп в крови.
- ▶ Аналогичные взаимоотношения характерны и для выраженности (тяжести) определенных симптомов и степени поражения отдельных органов и систем: наиболее опасны отравления у детей первых месяцев жизни.

# Свинец

- ▶ Свинец — пластичный, сине-серый, тяжелый металл, который естественным образом присутствует в земной коре. История его применения очень древняя, что связано с относительной простотой его получения и большой распространенностью в земной коре (1,6  $\times 10^{-3}$ %).
- ▶ Мировое производство свинца составляет более 3,5  $\times 10^6$  т в год. В результате производственной деятельности человека в природные воды ежегодно попадает 500-600 тыс. т, а в атмосферу в переработанном и мелкодисперсном состоянии выбрасывается около 450 тыс. т, подавляющее большинство которого оседает на поверхности Земли. Основным источником загрязнения атмосферы свинцом являются выхлопные газы автотранспорта (260 тыс. т) и сжигание каменного угля (около 30 тыс. т).



- ▶ Ежедневное поступление свинца в организм человека с пищей — 0,1-0,5 мг, с водой — 0,02 мг. Содержание свинца (в мг/кг) в различных продуктах таково: фрукты 0,01-0,6; овощи 0,02-1,6; крупы 0,03-3,0; хлебобулочные изделия 0,03-0,82; мясо и рыба 0,01-0,78; молоко 0,01-0,1. В организме человека усваивается в среднем 10% поступившего свинца, у детей — 30-40%. Из крови свинец поступает в мягкие ткани и кости, где депонируется в виде трифосфата.
- ▶ Механизм токсического действия свинца имеет двойную направленность. Во-первых, блокада функциональных SH-групп белков и, как следствие, — инактивация ферментов, во-вторых, проникновение свинца в нервные и мышечные клетки, образование лактата свинца, затем фосфата свинца, которые создают клеточный барьер для проникновения ионов  $Ca^{2+}$ . Основными мишенями при воздействии свинца являются кроветворная, нервная и пищеварительная системы, а также почки.
- ▶ Свинцовая интоксикация может приводить к серьезным нарушениям здоровья, проявляющимся в частых головных болях, головокружениях, повышенной утомляемости, раздражительности, ухудшении сна, мышечной гипотонии, а в наиболее тяжелых случаях к параличам и парезам, умственной отсталости. Неполноценное питание, дефицит в рационе кальция, фосфора, железа, пектинов, белков (или повышенное поступление кальциферола) увеличивают усвоение свинца, а следовательно — его токсичность. Допустимая суточная доза (ДСД) свинца составляет 0,007 мг/кг; величина ПДК в питьевой воде — 0,05 мг/л.
- ▶ Мероприятия по профилактике загрязнения свинцом сырья и пищевых продуктов должны включать государственный и ведомственный контроль за промышленными выбросами свинца в атмосферу, водоемы и почву. Необходимо существенно снизить или полностью исключить применение тетраэтилсвинца в бензине, свинцовых стабилизаторах, изделиях из поливинилхлорида, красителях, упаковочных материалах и т. п.

# Мышьяк

- ▶ Мышьяк — рассеянный элемент. Содержание в земной коре  $1,7 \cdot 10^{-4}\%$  по массе. В морской воде  $0,003$  мг/л. Это вещество может встречаться в самородном состоянии, имеет вид металлически блестящих серых скорлупок или плотных масс, состоящих из маленьких зернышек.
- ▶ Мышьяк особой чистоты ( $99,9999\%$ ) используется для синтеза ряда ценных и важных полупроводниковых материалов — арсенидов и сложных алмазоподобных полупроводников.
- ▶ Многие из мышьяковых соединений в очень малых дозах применяются в качестве лекарств для борьбы с малокровием и рядом тяжелых заболеваний, так как оказывают клинически значимое стимулирующее влияние на ряд функций организма, в частности, на кроветворение.



- ▶ Добыча и переработка мышьяксодержащих руд и минералов; пирометаллургия и получение серной кислоты, суперфосфата; сжигание каменного угля, нефти, торфа, сланцев; синтез и использование мышьяксодержащих ядохимикатов, препаратов, антисептиков и реагентов играют существенную роль в загрязнении мышьяком объектов природы, атмосферы и воздуха рабочей зоны.
- ▶ Загрязнение водной среды мышьяком возможно также при длительном контакте природных вод с отвалами на основе не утилизируемых твердых мышьяксодержащих отходов.
- ▶ Применение мышьяксодержащих пестицидов в сельском хозяйстве приводит к загрязнению почвы. В некоторых сельскохозяйственных районах в почве обнаруживали до 30 мг/кг этого элемента.
- ▶ Нормальный уровень содержания мышьяка в продуктах питания не должен превышать 1 мг/кг. Так, например, фоновое содержание мышьяка (мг/кг): в овощах и фруктах 0,01-0,2; в зерновых 0,006-1,2; в говядине 0,005-0,05; в печени 2,0; яйцах 0,003-0,03; в коровьем молоке 0,005-0,01. Повышенное содержание мышьяка отмечается в рыбе и других гидробионтах, в частности в ракообразных и моллюсках. По данным ФАО/ВОЗ, в организм человека с суточным рационом поступает в среднем 0,05-0,45 мг мышьяка. ДСД — 0,05 мг/кг массы тела.
- ▶ В зависимости от дозы мышьяк может вызывать острое и хроническое отравление, разовая доза мышьяка 30 мг — смертельна для человека. Механизм токсического действия мышьяка связан с блокированием SH-групп белков и ферментов, выполняющих в организме самые разнообразные функции.

# Кадмий

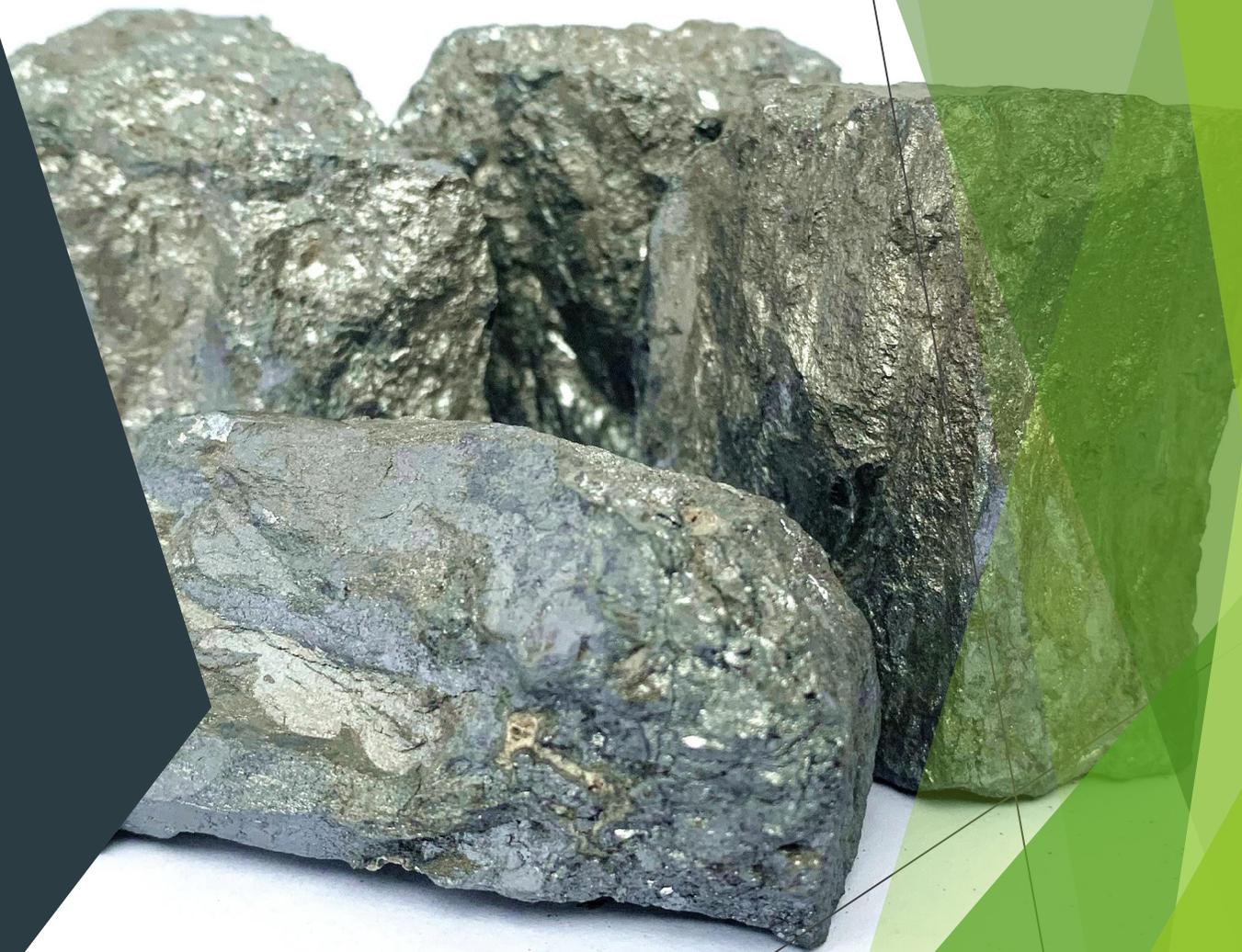
- ▶ Простое вещество кадмий при нормальных условиях — мягкий ковкий тягучий переходный металл серебристо-белого цвета. Устойчив в сухом воздухе, во влажном на его поверхности образуется плёнка оксида, препятствующая дальнейшему окислению металла.
- ▶ Добывают кадмий при переработке цинковых, медных, свинцовых руд, серебра. Кадмий относится к токсичным микроэлементам, являясь одним из основных поллютантов окружающей среды. Но в то же время кадмий относится к группе "новых" микроэлементов (кадмий, ванадий, кремний, олово, фтор) и в низких концентрациях способен стимулировать рост некоторых животных.
- ▶ Металлический кадмий не обладает токсическими свойствами. Соединения же кадмия, независимо от их агрегатного состояния (пыль, дым окиси кадмия, пары, туман), ядовиты.



- ▶ Кадмий широко применяется в различных отраслях промышленности. В воздух кадмий поступает вместе со свинцом при сжигании топлива на ТЭЦ, с газовыми выбросами предприятий, производящих или использующих кадмий. Загрязнение почвы кадмием происходит при оседании кадмий-аэрозолей из воздуха и дополняется внесением минеральных удобрений: суперфосфата (7,2 мг/кг), фосфата калия (4,7 мг/кг), селитры (0,7 мг/кг).
- ▶ Содержание кадмия (в мкг/кг) в различных продуктах выглядит следующим образом. Растительные продукты: зерновые 28-95, горох 15-19, фасоль 5-12, картофель 12-50, капуста 2-26, помидоры 10-30, салат 17-23, фрукты 9-42, растительное масло 10-50, сахар 5-31, грибы 100-500; в продуктах животноводства: молоко - 2,4, творог - 6,0, яйца 23-250. Установлено, что примерно 80% кадмия поступает в организм человека с пищей, 20% — через легкие из атмосферы и при курении. С рационом взрослый человек получает до 150 мкг/кг и выше кадмия в сутки.
- ▶ В одной сигарете содержится 1,5-2,0 мкг Cd. Подобно ртути и свинцу, кадмий не является жизненно необходимым металлом. Попадая в организм, кадмий проявляет сильное токсическое действие, главной мишенью которого являются почки. Механизм токсического действия кадмия связан с блокадой сульфгидрильных групп белков; кроме того, он является антагонистом цинка, кобальта, селена, ингибирует активность ферментов, содержащих указанные металлы. Известна способность кадмия нарушать обмен железа и кальция.
- ▶ Все это может привести к широкому спектру заболеваний: гипертоническая болезнь, анемия, ишемическая болезнь сердца, почечная недостаточность и другие. Отмечены канцерогенный, мутагенный и тератогенные эффекты кадмия. По рекомендациям ВОЗ допустимая суточная доза (ДСД) кадмия — 1 мкг/кг массы тела.

# Барий

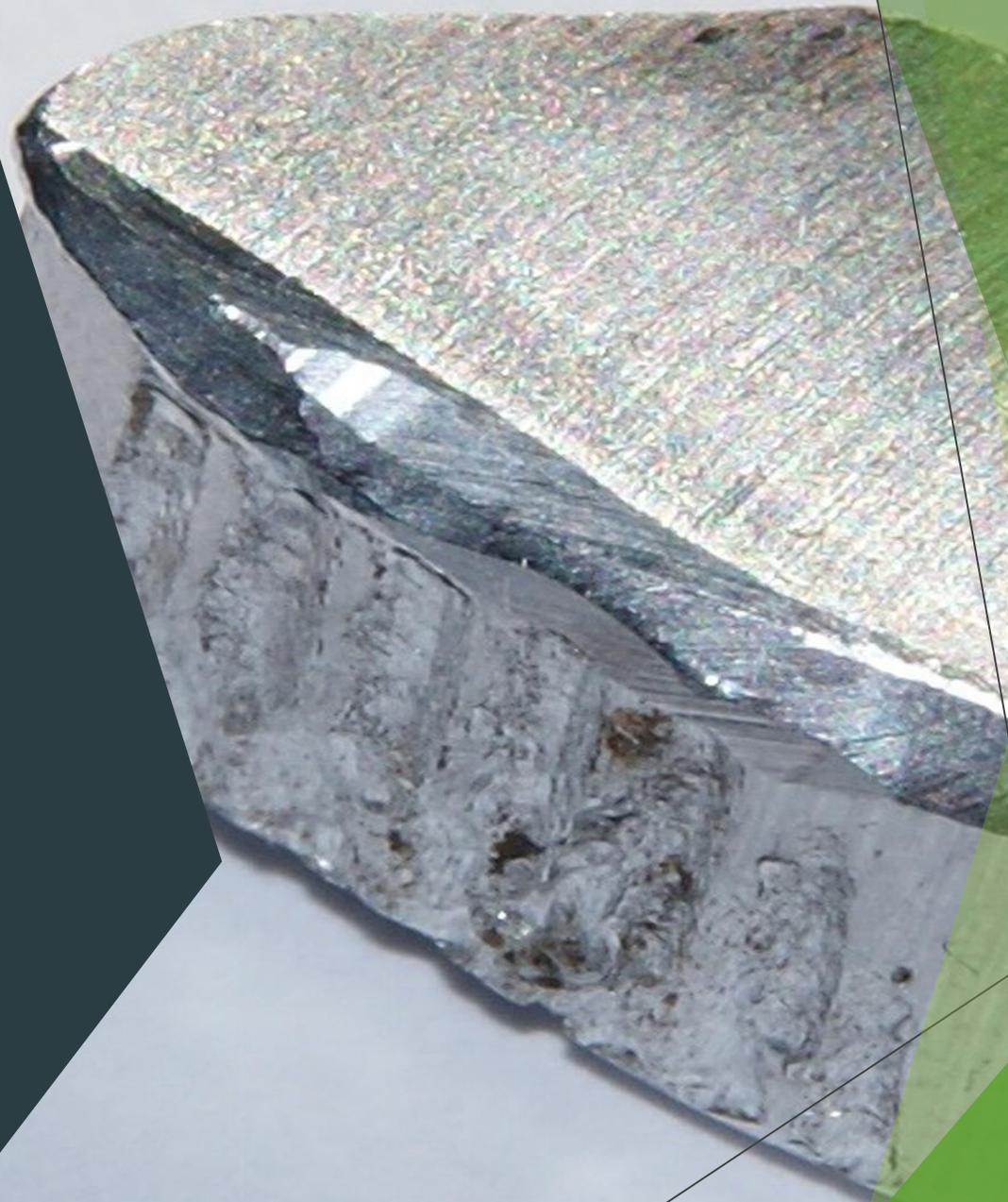
- ▶ По химическим свойствам самого металла и многих его соединений барий сходен с кальцием и, особенно со стронцием и радием, однако по химической активности превосходит их. При нагревании на воздухе барий легко воспламеняется и сгорает красноватым пламенем. Многие неорганические соли и гидроксиды хорошо или умеренно растворимы в воде, сильные электролиты. В физиологических условиях существует в виде катиона  $Ba$ .



- ▶ Оксид бария применяется для сердечников электромагнитов; в производстве пероксида и гидроксида бария. Гидроксид бария находит применение для очистки сахара в лабораторной практике. Хлорид бария используют для борьбы с сельскохозяйственными вредителями; в керамической и текстильной промышленности; в производстве минеральных красок; для очистки котельной воды и рассолов от сульфатов. Карбонат бария применяется в керамической промышленности; для производства оптического стекла и эмалей.
- ▶ В организм барий поступает ингаляционно (в производственных условиях) и через желудочно-кишечный тракт. Всасывание в желудочно-кишечном тракте из пищи составляет 0,06%. Суточное поступление бария зависит от пищевого рациона и в среднем составляет 0,75-1 мг в сутки. С водой поступает 82 мкг/сутки, с воздухом -10-30 мкг/сутки. Во всем организме человека содержание бария считают равным 22 мг (из них в скелете 20 мг).
- ▶ Все растворимые соли бария токсичны. Механизм действия этих солей заключается в том, что ионы  $Ba^{2+}$ , имея одинаковый радиус с ионами  $K^{+}$ , конкурирует с ним в биохимических процессах. В результате такой взаимозамещаемости возникает гипокалиемия; ионы бария могут проникать и в костные ткани, вызывая эпидемические заболевания (например, болезнь па-пинг).
- ▶ Барий по физико-химическим характеристикам подобен кальцию. Попадая в больших количествах в организм, он может замещать ионы кальция в костной ткани. Именно в результате замещения кальция в костной ткани на стронций развивается «стронциевый» рахит - повышенная ломкость костей.
- ▶ Барий оказывает действие на гладкую мышечную ткань и миокард, по своему эффекту напоминающее действие ацетилхолина. Он вызывает гипокалиемию; полисульфидные производные бария угнетают клеточное дыхание подобно цианидам.

# Алюминий

- ▶ Первые данные о токсичности алюминия были получены в 70-х гг. XX в., и это явилось неожиданностью для человечества. Будучи третьим по распространенности элементом земной коры (8,8% массы земной коры составляет Al) и обладая ценными качествами, металлический алюминий нашел широкое применение в технике и быту.
- ▶ Поставщиками алюминия в организм человека является алюминиевая посуда, если она контактирует с кислой или щелочной средой, вода, которая обогащается ионами  $Al^{3+}$  при обработке ее сульфатом алюминия на водоочистительных станциях.



- ▶ Существенную роль в загрязнении окружающей среды ионами  $Al^{3+}$  играют и кислотные дожди. Не следует злоупотреблять содержащими гидроксид алюминия лекарствами: противогеморроидальными, противоартритными, понижающими кислотность желудочного сока. Как буферную добавку вводят гидроксид алюминия и в некоторые препараты аспирина и в губную помаду. Среди пищевых продуктов наивысшей концентрацией алюминия (до 20 мг/г) обладает чай.
- ▶ Поступающие в организм человека ионы  $Al^{3+}$  в форме нерастворимого фосфата выводятся с фекалиями, частично всасываются в кровь и выводятся почками. При нарушении деятельности почек происходит накопление алюминия, которое приводит к нарушению метаболизма Ca, Mg, P, F, сопровождающееся ростом хрупкости костей, развитием различных форм анемии. Кроме того, были обнаружены и более грозные проявления токсичности алюминия: нарушение речи, провалы в памяти, нарушение ориентации и т. п. Все это позволяет приблизить «безобидный», считавшийся нетоксичным до недавнего времени алюминий к «мрачной тройке» супертоксикантов: Hg, Pb, Cd.

# Заключение

- ▶ Эффекты токсического воздействия неорганических веществ на организм характеризуются как общими признаками ядовитых воздействий, так и специфическими проявлениями.
- ▶ В общем случае токсичность химического агента можно определить как меру любого аномального изменения функций организма под действием этого агента при заданных внешних условиях.
- ▶ Токсичность представляет собой сравнительную характеристику. Эта величина позволяет сопоставить ядовитые свойства различных веществ. Токсические элементы, а также избыток необходимых элементов могут вызывать необратимые изменения динамического равновесия биологических систем, приводящие к развитию патологии или смерти.
- ▶ Повреждающее действие химического агента проявляется на различных структурных уровнях организма, начиная с молекулярного