

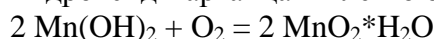
**Общая и неорганическая химия**  
**ЛЕКЦИИ**

**Лекция 16. Переходные металлы. Марганец.**  
**Железо, кобальт, никель**

Металлический **марганец** используется в сплавах. Специальная твердая износостойкая сталь для зубцов ковшей экскаваторов и т.п. содержит до 15% марганца.

В соединениях марганец устойчив в степенях окисления +2, +3, +4, +7. Соли марганца +2 бледно-розовые.

Гидроксид марганца +2 легко окисляется:



Дальнейшее окисление возможно при сплавлении на воздухе со щелочью:



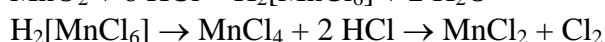
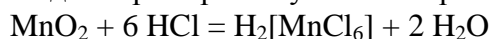
Неустойчивый манганат диспропорционирует:



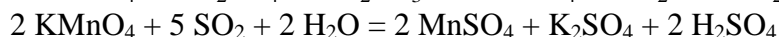
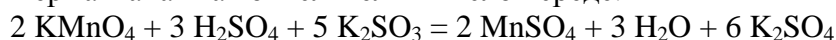
Соединения марганца +4 и +7 в кислой среде – сильные окислители:



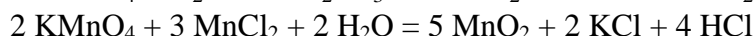
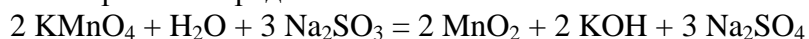
Реакция идет через промежуточное образование темно-красного комплекса [1]:



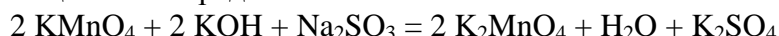
Перманганат как окислитель в кислой среде:



В нейтральной среде:



В щелочной среде:



**Демонстрация:** перманганат калия с глицерином

**Железо, кобальт, никель**

Свойства простых веществ [2]			
	Fe	Co	Ni
Температура плавления, °C	1535	1495	1453
Температура кипения, °C	2750	2870	2732
Плотность, г/см <sup>3</sup>	7,86	8,83	8,90
Радиус атома, пм (10 <sup>-12</sup> м)	124	125	125
Радиус иона Э <sup>2+</sup> , пм	82	82	78
Радиус иона Э <sup>3+</sup> , пм	67	64	62

**Сплавы железа**

Чугун (2-5% углерода) t<sup>0</sup> плавления 1100-1200°C.

Белый чугун (хрупкий) – цементит Fe<sub>3</sub>C (6,68% C)

Серый чугун – углерод в виде пластинок графита

Ковкий чугун – углерод в виде зерен графита

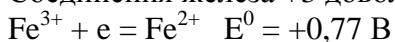
Ковкое железо (0,04-1,5% углерода)

Сталь (0,5-1,7% углерода)

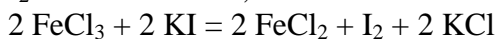
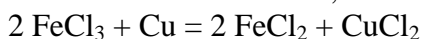
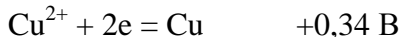
Закалка стали – превращение аустенита (равновесный раствор углерода в железе) в метастабильный мартенсит.

Для железа наиболее характерны степени окисления +2 и +3, неустойчивы соединения железа +4 и +6.

Соединения железа +3 довольно сильные окислители:

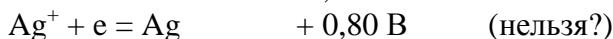
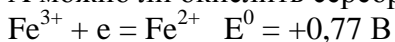


Можно ли окислить железом медь?



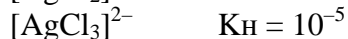
**Демонстрация:** хлорное железо с иодидом

А можно ли окислить серебро железом Fe<sup>3+</sup> ?



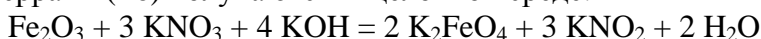
НО:  $\text{AgCl} + e = \text{Ag}^+ + \text{Cl}^- + 0,22 \text{ В}$  (почему?)

– По уравнению Нернста  $E = E_0 + (0,059/n) \lg[M^{n+}]$   
 $[\text{Ag}^+] \ll 1$

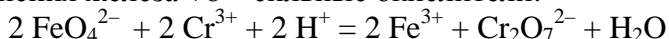


Получается, что можно, если окислитель FeCl<sub>3</sub>

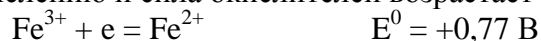
Оксоферраты (+6) получают в щелочной среде:



Соединения железа +6 – сильные окислители:

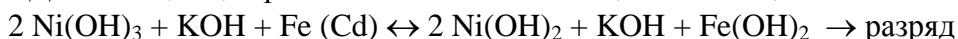


Устойчивость к окислению и сила окислителей возрастает в ряду: Fe<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>



Щелочные железо-никелевые (кадмиево-никелевые) аккумуляторы:

ЭДС мин. 1,1 В; зарядный ток = 1/4 емкости; емкость 3,5-8 Ач/кг



(+)

(-)

Наибольшее биологическое значение имеют **комплексные соединения** элементов VIII Б группы. В 1951 г. было получено соединение железа (+2) с циклопентадиеном, уникальное по стабильности (выдерживает нагрев до 400<sup>0</sup>С). Позже был получен ряд “сэндвичевых” соединений, в которых соблюдается “правило 18-ти электронов” [3].



## Содержание в живом организме и биологическое действие

У человека **марганец** находится во всех органах и тканях – всего до 12 мг ( $1,6 \cdot 10^5\%$ ) [6]. Наиболее богаты марганцем трубчатые кости и печень (на 100 г свежего вещества в трубчатых костях марганца содержится 0,3 мг, в печени – 0,205-0,170 мг) [7].

Марганец активизирует многие ферменты: дипептидазы, аргиназу (связывание токсичного аммиака), карбоксилазу, каталазу, оксидазы, фосфатазы (совместно с магнием). Установлена связь марганца с витамином В1. Марганец благотворно влияет на развитие и процессы репродукции, усиливает рост.

Для детского организма необходимо в сутки 0,2-0,3 мг марганца на 1 кг веса тела, для взрослого 0,1 мг. Всосавшийся с пищей марганец поступает с кровью в печень, где он отлагается. Особенно интенсивно марганец накапливается в печени в последние три месяца эмбриональной жизни. Благодаря этому запасу грудной ребенок безболезненно переносит относительный недостаток марганца во время кормления его материнским молоком, бедным марганцем.

Выведение марганца происходит главным образом через кишечник. Наряду с печенью марганец накапливается в поджелудочной железе.

Марганец защищает стенки артерий, делая их устойчивыми к образованию атеросклеротических бляшек. Марганец жизненно важен для функции мозга, для образования кожного пигмента. Входит в состав белков и ферментов. Обладает выраженной антиоксидантной активностью.

В организм человека марганец поступает с пищей. Очень богаты марганцем растительные соки и чай.

При **недостатке марганца** нарушаются процессы окостенения во всем скелете, трубчатые кости утолщаются и укорачиваются, суставы деформируются. Нарушается репродуктивная функция яичников и яичек. Без оптимальных количеств марганца резко возрастает риск ревматоидного артрита, остеопороза, катаракты, рассеянного склероза и судорог. У больных диабетом содержание марганца снижено вдвое, и этот дефицит влияет на неспособность организма перерабатывать сахар [8].

В настоящее время многочисленными опытами доказано, что марганец необходим для нормального **развития растений**. При недостатке в почве марганца листья растений приобретают бледно-желтый цвет с серым оттенком, на кончиках появляются черные пятна, листья скручиваются и отмирают.

Общее содержание **железа** в организме человека составляет около 4,5-5 г (0,007%). Из этого количества 57% находится в гемоглобине крови, 23% – в тканях и тканевых ферментах, а остальные 20% – депонированы в печени, селезенке, костном мозге и представляют собой "физиологический резерв" железа [9].

**Железо** является жизненно необходимым элементом для организма. Оно входит не только в состав кровяного пигмента гемоглобина, но также и в состав протоплазмы всех клеток. Гемоглобин играет чрезвычайно важную роль в дыхательной функции крови. В состав гемоглобина входит атом двухвалентного железа, который, присоединяя кислород, превращает гемоглобин в оксигемоглобин. Это очень непрочное соединение, легко диссоциирующее на гемоглобин и кислород [10].

Железо, необходимое для синтеза гемоглобина, доставляется белком ферритином, находящимся в селезенке, печени, костном мозге. Железо также входит в состав цитохромов (сложные белки, относящиеся к классу хромопротеидов), участвующих в процессах тканевого дыхания.

При **недостатке железа** в организме развивается железодефицитная анемия (малокровие). Даже незначительный дефицит железа ведет к утомлению, *ухудшению способностей к обучению*, ослаблению иммунной системы, снижению температуры тела,

поседению волос, повышению ломкости ногтей, потере физической силы и выносливости, а также уменьшению выработки тиреоидного гормона. Рак желудка также связан с истощением запасов железа в организме. У женщин на истощение запасов железа может указывать постоянная неспособность сбрасывать лишний вес, связанная с пониженной активностью щитовидной железы [11].

**Кобальт** принимает участие в процессе кроветворения, входит в состав витамина В<sub>12</sub> (цианокобаламина), многих важных ферментов. Кобальт необходим для усвоения железа. Органические соединения кобальта оказывают благоприятное влияние на иммунную активность [12]. В организме взрослого человека около 1,2 мг ( $2 \cdot 10^{-6}$ %) кобальта.

Дефицит кобальта – это всегда дефицит витамина В<sub>12</sub>, который вызывает злокачественную бессонницу, астму, невралгию и другие "злокачественные" заболевания. Назойливый звон и хронический шум в ушах, вызывающий потерю слуха, очень часто совпадает с дефицитом кобальта. У людей с диагнозом "депрессия" в крови отмечены крайне низкие показатели кобальта. Дефицит кобальта вызывает высокую частоту заболеваний эндокринной системы, особенно в районах с дефицитом кобальта в питании (наибольший дефицит кобальта выявлен в Латвии и Ярославской области). Подобная закономерность выявлена и в отношении системы кровообращения, рост заболевания которой, как правило, сопровождается дефицитом кобальта. Запущенные случаи дефицита кобальта вызывают разрушение слизистой желудка, малокровие, дистрофию костей и нарушения в печени. Недостаточности кобальта особенно подвержены курильщики, вегетарианцы и пожилые люди, а также все, кто страдает хроническим расстройством стула.

Ведущую роль в обмене **никеля** в организме человека играют два белка: никельсодержащий гликопротеид (богатый аминокислотой гистидином) и никелеплазмин (относится к альфа 2-глобулинам). У человека этот белок содержит до 43% всего никеля плазмы крови. Никель участвует в гормональной регуляции организма и входит в состав ключевых ферментов. Уникальна способность никеля влиять на продукцию специальных транспортных белков, ответственных за транспорт большинства микроэлементов.

Никель входит в состав факторов роста, управляющих процессами регенерации тканей, а также созреванием и дифференцировкой тканей плода. Соединения никеля управляют процессами кроветворения путем контроля обмена железа в организме ( в том числе никель контролирует процессы всасывания железа в пищеварительном тракте). Никель является структурным компонентом внутренних перегородок в клетках нашего организма и отвечает за их стабильность [13]. Никель отвечает за регуляцию противоопухолевого иммунитета, так как дефицит никеля вызывает снижение активности специальных клеток. Эти иммунные клетки (никель-зависимые Т лимфоциты) выступают активаторами иммунных белков (цитокинов), запускающих ряд важнейших этапов иммунного ответа.

Из органов человека наиболее богаты никелем печень, поджелудочная железа и гипофиз. Никель избирательно концентрируется в *substantia nigra* головного мозга [14].

Средний пищевой рацион человека должен содержать не менее 20 мг **железа**. Всасывание железа происходит преимущественно в 12-перстной кишке, но в условиях дефицита железа в организме может всасываться уже в желудке, из тонких кишок и даже из толстой кишки. Железо выделяется с мочой (около 0,5 мг в сутки), а также потовыми железами.

Суточная потребность в **кобальте** 14-78 мкг. Из пищи мы получаем в лучшем случае 3-4 мкг в сутки. К продуктам, наиболее богатым кобальтом, относятся печень, бобовые, молоко, мясо, рыба, свекла, салат, перушка, малина и черная смородина, но, к

сожалению, низкое содержание кобальта в почвах, подвергающихся интенсивной агротехнике, не позволяет рассматривать эти продукты питания как надежные источники кобальта.

### **Избыток Mn, Fe, Co, Ni**

Соединения марганца являются сильными ядами, поражающими центральную нервную систему, сердечно-сосудистую систему и паренхиматозные органы. ПДК в воздухе (в пересчете на Mn)  $0,03 \text{ мг/м}^3$  [15].

Отравление марганцем происходит при вдыхании больших количеств пыли, образующейся при размоле и просеве марганцевой руды, а также при вдыхании аэрозолей при плавке стали и электросварке. В начальной стадии наблюдаются: сильная утомляемость, слабость, сонливость, тупые головные боли в лобно-височных областях, тянущие боли в пояснице, конечностях, боли в правом подреберье, в подложечной области, понижение аппетита. Во второй стадии появляются: медлительность движений, расстройство походки, расстройство мочеиспускания, половая слабость, бессонница, подавленное настроение, слезливость. Сильная скованность движений, больные утрачивают способность широко шагать. Третья стадия носит название "марганцевого паркинсонизма": развиваются глубокие органические изменения в нервной системе. движения сильно скованы. Больные ходят очень маленькими шагами, движения очень замедлены. Лицо маскообразно, голос глухой, речь монотонна, лишена эмоциональной окраски. Основным отличием от паркинсонизма является то, что при марганцевой интоксикации не так часто поражаются черепномозговые нервы.

### **Избыток железа и его проявления:**

Железо, подобно большинству тяжелых металлов, оказывает резорбтивно-токсическое действие на организм только при введении его в кровь или под кожу. Отравление возможно при лечении препаратами железа. Явления отравления железом выражаются рвотой, диареей (иногда с кровью), падением АД, параличом ЦНС и воспалением почек. При лечении железом могут развиваться запоры, так как железо связывает сероводород, что ослабляет моторику кишечника.

### **Избыток кобальта и его проявления:**

Избыток кобальта возникает при постоянном злоупотреблении инъекциями витамина B12 и пивом (ежедневное употребление в больших количествах). Избыток кобальта вызывает аллергодерматозы и астматические бронхиты, "кобальтовую миокардиодистрофию" и гиперплазию щитовидной железы ("болезнь любителей пива").

### **Избыток никеля и его проявления:**

Токсическое действие никеля проявляется при вдыхании никелевой пыли. Отмечаются носовые кровотечения, "никелевая экзема" и "никелевая чесотка".

Особенно токсичен карбонил никеля  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ . При невысоких его концентрациях наблюдаются головные боли, при высоких – тошнота, рвота, одышка, повышение температуры по типу "литейной лихорадки", нарастание сердечной слабости, синюшность кожных покровов. Смерть наступает на 10-14 день.

### ***Дополнение 1 к лекции 16***

**Булат – древнейший композиционный материал [16]**

### ***Дополнение 1 к лекции 16***

## Булат – древнейший композиционный материал [1]

Слово "булат" (от арабского "аль-фулад" - сталь) встречается в русских письменных памятниках с середины XV в. в описаниях восточного оружия. Со временем это слово стали использовать в России для выделения дорогих качественных сталей с ясно видимым узором на поверхности.

Этот узор связан с внутренней структурой изделия. Если его отшлифовать, он вновь воспроизведется после травления слабой кислотой. Узор на изделиях из булата имел, конечно, и эстетическое значение, но в то же время он отличал булаты от других, обычных сортов стали и даже служил определенным признаком для оценки качества. Высокая стоимость оружия из узорчатой стали в основе своей была связана с его высокими эксплуатационными и механическими свойствами. В таких сталях твердость сочеталась с высокой упругостью и вязкостью.

Различают два типа булатов: сварной и литой. Сварной булат получают ковкой пакетов полос или прутков стали с различным содержанием углерода, предварительно соединённых кузнечной сваркой. В результате на поверхности изделия образуется более или менее регулярный, симметричный узор различной степени сложности. В зарубежной литературе сварной булат называют Damascus Steel (дамасская сталь). Литой булат (Wootz steel) получали в тиглях сплавлением шихты, которая представляла собой смесь железной руды, железа, чугуна, древесного угля, флюсов и других компонентов. Булаты, созданные во второй половине первого тысячелетия до н. э. в странах Ближнего и Среднего Востока, представляют собой величайшее достижение древней металлургии, так как, сочетая упругость и твердость закалённой стали с пластичностью и вязкостью качественного железа, они служат идеальным оружейным металлом. Только через два с половиной тысячелетия европейским металлургам удалось воспроизвести выдающиеся качества булатов в легированных сталях. Но даже в наше время по усталостной прочности и живучести (способности противостоять прогрессирующему разрушению) старые булаты зачастую превосходят лучшие легированные стали.

Организация оружейных мастерских и центров производства булата в такой же мере влияла на формирование экономической географии древнего мира, как в наше время распространение важнейших технологий.

Поиск железных руд, пригодных для выплавки железа, рано или поздно привёл к успеху, так как он опирался на тысячелетний опыт находок минералов, образующих сплавы меди (бронзы) с улучшенными литейными качествами, и понимание универсальной восстанавливающей способности древесного угля. Древнеарийский тигельный Тип II, который следовало бы называть "индийским булатом", представлял собой очень неоднородный слоистый металл, в котором чередовались слои высокоуглеродистой стали или даже чугуна со слоями чистого железа. Из этого металла впоследствии ковались самые дорогие, контрастные булаты с почти чёрным фоном. Тип III можно называть "персидским булатом", поскольку его технология в несколько изменённой форме получила распространение в XVI-XVIII вв. сначала в Персии, а затем в Египте и Турции. Этот тип литого булата представляет неоднородный металл, в котором слои углеродистой стали чередуются со слоями чистого железа. Из этого булата ковали менее контрастные клинки с серым и серо-коричневым фоном.

Железо было известно индусам более чем за 1500 лет до нашего летоисчисления. В IX столетии до нашего летоисчисления (2800 лет тому назад) близ Дели построен грандиозный памятник древности - колонна Кутуба, высотой более 7 м, выкованная из одного целого куска "чистого" железа. Это замечательный пример древнего искусства. Замечательно и то, что это железо является нержавеющим. Его химический анализ дал такие показатели:

Железо 99,720 %

---

<sup>1</sup> Владимир Иванов, Игорь Таганов, Дмитрий Забелин Небесная сталь <http://www.gun.ru/oxota0251.htm>

Углерод 0,080 %  
Фосфор 0,114 %  
Медь 0,035 %  
Кремний 0,046 %  
Сера 0,006 %

Нержавеющее железо, как видно, отличается замечательной чистотой, которую древние металлурги получали какими-то примитивными кустарными способами. Это был секрет мастеров того времени, который погиб вместе с ними.

< <http://www.college.ru/chemistry/articles/article003.html> >

#### **Разгадана загадка одного из чудес света**

Загадку одного из "чудес света" - колонны Кутуб Минар в Дели - была разгадана индийскими учеными. 7-метровая железная колонна Победы была построена королем Чандрагупта II в V веке. За столько веков памятник не был затронут ржавчиной, что заставляло многих верить в его мистические свойства. Ученые из Технологического института Канпур обнаружили, что колонна содержит неожиданно много фосфора, который, реагируя с железом, водой и кислородом, создал своего рода защитный антикоррозийный поверхностный слой. Ученые считают, что древние кузнецы не обладали уникальными знаниями химии сплавов, а подбирали состав железа опытным путем. На протяжении многих веков легенды о колонне не сходили с уст местных жителей. Существует даже поверье - для того, чтобы исполнилось заветное желание, надо встать спиной к колонне и свести за ней руки. Многие индийцы верят в ее чудодейственную излечивающую силу. 6-тонный железный столб находится на территории архитектурного комплекса мечети Кутуб Минар, строительство которого датируется XII веком н.э. Колонна была воздвигнута в Удайагири, в центральной Индии, в храме индуистского бога Вишну, а в Дели ее перевезли гораздо позже - в XIII веке.

News.Battery.Ru - Аккумулятор Новостей. Источник: Новости Науки

И с чугуном индусы были знакомы с древних времен. Упомянутый С. Шверз указывает, что сохранились чугунные гробы индусов, изготовленные 3300 лет тому назад. Однако наибольшего развития в древней Индии достигло сталелитейное дело.

Арабский географ XII столетия Абу-Абдалла-Мохаммед-Эль-Эдри-зи говорит, что в его время индусы славились производством наилучшего железа, индийской стали и знаменитых, известных во всем мире мечей. До средних веков включительно индийскую сталь в громадном количестве отправляли из Индии в Сирию и Египет.

В городе Дамаске из этой стали издавна изготовлялись те славные клинки, которые впоследствии крестоносцы разнесли по Европе. В Каире был главный рынок оружия для Ближнего Востока. У древних римлян во времена Плиния особой известностью пользовалось железо "сэреров" (восточно-азиатский народ), которое тоже было "вуц" или "дамасская сталь".

Помимо цементации железа и кузнечной сварки были разработаны остроумные приёмы выделения стали из неоднородных масс (криц) сталистого железа. В скифском способе крица железа, засыпанная углём, длительно прогревалась в горне так, что её поверхностный слой науглероживался. При быстром охлаждении в воде или снегу на поверхности крицы появлялась хрупкая корка закалённой стали, которая легко отбивалась. Собранные корки углеродистой стали собирались и сваривались в брусок ("уклад"). Впоследствии, со времен Ивана Грозного такой стальной уклад стал одной из главных статей экспорта России.

Чушка булата ("хлебец") нагревалась, надрубалась из центра к окружности, выпрямлялась и отковывалась в виде полосы. Требовалась осторожная искуснаяковка, потому что при нагреве булата выше 700-750°C он превращается в обыкновенную сталь и



узор исчезает. Чтобы удобнее было наблюдать за степенью нагрева, все проковки производились ночами.

Многие западноевропейские ученые работали над тем, чтобы изыскать способ изготовления литого булата, однако все их труды в этой области были безуспешны. Только русский горный инженер П. П. Аносов (1797-1851 гг.) смог раскрыть его тайну. В течение десяти лет (с 1828 по 1837 гг.) он проводил опыты по выплавке булатов на Златоустовском заводе.

В результате колоссальной работы и большого числа опытов Аносов практически решил вопрос изготовления булата различных сортов и качества.

Булат Аносова ничем не уступал индийскому булату, он оказался очень упругим, был более твердым и менее хрупким, нежели лучшая современная сталь. Вопросы о ковке, закалке, полировке и вытравке рисунка (узора) булатных изделий были также подробно проработаны Аносовым. Говоря о качестве булатных клинков, Аносов писал: "Клинок не может быть при изгибе ни сломан, ни согнут до такой степени, чтобы потерять упругость; при обыкновенном изгибании он выпрямляется и сохраняет прежний вид; при усиленном сгибании, например, будучи загнут под прямым углом - не ломается и, будучи выпрямлен, не теряет прежней упругости. При этой связи в частях, булатный клинок тверже всякого другого, приготовленного из стали. Это есть, без сомнений, предел совершенства и упругости, которая в стали не встречается".

Шихта для изготовления булата по Аносову включала в себя: "12 фунтов тагильского железа, 1 фунт графита, 1/3 фунта доломита. Нагрев при ковке - не более мясокрасного". Вытравка узора производится железным купоросом (15 %), немного выветрившимся.

По Аносову главнейшие сорта булатов таковы:

- 1) Полосатый, носит название "Шам" и "Экси-Шам"
- 2) Струистый "Шам" (Сирия)
- 3) Волнистый "Кум-Гинды" "Сари - Гинды" "Кара - Табан"
- 4) Сетчатый "Табан" "Хороссан" "Кара - Хороссан" "Нердебан" "Кермани" "Диши"
- 5) Коленчатый "Эркек - Табан" "Лагорн - Хороссан" "Лагери - Нейрис" "Элиф - Стамбул" "Бейад - Истамбул" "Кирк - Нардибан" Хороссан - название персидской провинции Хороссан.

Табан - сетчатый булат. Сетчатый и коленчатые булаты - наивысшие сорта. Черный грунт бывает в твердых булатах. В естественном булате узор, хотя имеет по всей длине клинка один и тот же характер, но никогда не повторяется. Аносов, получив подлинный булат, изготавливал высококачественные клинки. Один из лучших клинков подарен был князю Михаилу Павловичу Романову, как образец отличного русского булата.

Существовали разные старинные **способы испытания** качеств клинка: рубка в воздухе шелкового платка, пуховой подушки, свежих костей и других подобных предметов. Хорошим булатом одним ударом отрубали голову быку, при этом на полированном клинке кровь должна была оставлять не черные пятна, а ярко-красный след. Стоимость некоторых выдающихся клинков достигала баснословных сумм.

## Библиография к лекции 16

1. Третьяков Ю.Д. и др. Неорганическая хими. Химия элементов: Учебник для вузов: В 2 книгах. Кн. 1/Ю.Д.Третьяков, Л.И.Мартыненко, А.Н.Григорьев, А.Ю.Цивадзе. М.: Химия, 2001. – 472 с., стр.365, 369
2. Эмсли Дж. Элементы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 256 с.
3. Иллюстрации: Левицкий М.М., Леменовский Д.А. Ферроцен (Итоги XX столетия Выдающиеся соединения органической химии) Интернет: [http://www.1september.ru/ru/him/99/no42\\_1.htm](http://www.1september.ru/ru/him/99/no42_1.htm)

4. . Иллюстрация: Пупкова В.И. Определение гемоглобина в крови Информац.-методич. пособие Кольцово, 2001 Интернет: <http://www.vector-best.ru/brosh/hemoglob.htm>
5. . Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия: Учеб. для химико-технол. вузов. – 2-е изд., – М.: Высш. школа, 1988. – 640 с., глава 2, стр. 484
6. . Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учеб. для вузов. Ю.А.Ершов, В.А.Попков, А.С.Берлянд и др. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2000. – 560 с., с.274
7. . Интернет: <http://www.pharmamed.ru/tralala.phtml?q=32&nc=13&gc=156>
8. . Интернет: [http://v48.al.ru/charo/el\\_marganec.html](http://v48.al.ru/charo/el_marganec.html)
9. . Интернет: <http://www.pharmamed.ru/tralala.phtml?q=32&nc=13&gc=157>
10. . Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учеб. для вузов. Ю.А.Ершов, В.А.Попков, А.С.Берлянд и др. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2000. – 560 с., с.281
11. Интернет: [http://v48.al.ru/charo/el\\_ferum.html](http://v48.al.ru/charo/el_ferum.html)
12. Интернет: [http://v48.al.ru/charo/el\\_cobalt.html](http://v48.al.ru/charo/el_cobalt.html)
13. Интернет: [http://v48.al.ru/charo/el\\_nikel.html](http://v48.al.ru/charo/el_nikel.html)
14. Интернет: <http://www.pharmamed.ru/tralala.phtml?q=32&nc=13&gc=158>
15. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. 7-е изд. т.3. Неорганические и элементоорганические соединения. – Л.: Химия, 1977. – 608 с.
16. Владимир Иванов, Игорь Таганов, Дмитрий Забелин Небесная сталь <http://www.gun.ru/oxota0251.htm>

---

<sup>1</sup>. Третьяков Ю.Д. и др. Неорганическая хими. Химия элементов: Учебник для вузов: В 2 книгах. Кн.

1/Ю.Д.Третьяков, Л.И.Мартыненко, А.Н.Григорьев, А.Ю.Цивадзе. М.: Химия, 2001. – 472 с., стр.365, 369

<sup>2</sup>. Эмсли Дж. Элементы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 256 с.

<sup>3</sup>. Иллюстрации: Левицкий М.М., Леменовский Д.А. Ферроцен (Итоги XX столетия Выдающиеся соединения органической химии) Интернет: [http://www.1september.ru/ru/him/99/no42\\_1.htm](http://www.1september.ru/ru/him/99/no42_1.htm)

<sup>4</sup>. Иллюстрация: Пупкова В.И. Определение гемоглобина в крови Информац.-методич. пособие Кольцово, 2001 Интернет: <http://www.vector-best.ru/brosh/hemoglob.htm>

<sup>5</sup>. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия: Учеб. для химико-технол. вузов. – 2-е изд., – М.: Высш. школа, 1988. – 640 с., глава 2, стр. 484

<sup>6</sup>. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учеб. для вузов. Ю.А.Ершов, В.А.Попков, А.С.Берлянд и др. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2000. – 560 с., с.274

<sup>7</sup>. Интернет: <http://www.pharmamed.ru/tralala.phtml?q=32&nc=13&gc=156>

<sup>8</sup>. Интернет: [http://v48.al.ru/charo/el\\_marganec.html](http://v48.al.ru/charo/el_marganec.html)

<sup>9</sup>. Интернет: <http://www.pharmamed.ru/tralala.phtml?q=32&nc=13&gc=157>

<sup>10</sup>. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учеб. для вузов. Ю.А.Ершов, В.А.Попков, А.С.Берлянд и др. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2000. – 560 с., с.281

<sup>11</sup>. Интернет: [http://v48.al.ru/charo/el\\_ferum.html](http://v48.al.ru/charo/el_ferum.html)

<sup>12</sup>. Интернет: [http://v48.al.ru/charo/el\\_cobalt.html](http://v48.al.ru/charo/el_cobalt.html)

<sup>13</sup>. Интернет: [http://v48.al.ru/charo/el\\_nikel.html](http://v48.al.ru/charo/el_nikel.html)

<sup>14</sup>. Интернет: <http://www.pharmamed.ru/tralala.phtml?q=32&nc=13&gc=158>

<sup>15</sup>. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. 7-е изд. т.3. Неорганические и элементоорганические соединения. – Л.: Химия, 1977. – 608 с.

16. Владимир Иванов, Игорь Таганов, Дмитрий Забелин Небесная сталь <http://www.gun.ru/oxota0251.htm>