

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа № 324
Курортного района Санкт-Петербурга

III Районный Фестиваль ученических исследовательских работ в предметах
естественнонаучного цикла для учащихся 8-10 классов

Исследование-реферат

Расследование группой независимых экспертов
9-а класса ГБОУ СОШ № 324
Карта местности Периодической Таблицы
«Галогены»

Авторы:

ученики 9-а класса
Малеванная Екатерина,
Мартынова Анастасия

Научный руководитель:

Учитель химии
Огурцова И.В.

Санкт-Петербург
2015

Содержание	
Введение.....	3
Карта 1. Общие сведения Не заблудись на местности!.....	3
Карта 2. История.....	5
Карта 3. Физика.....	6
Карта 4. Биология.....	6
Карта 5. Геология.....	6
Карта 6. Химия.....	8
Пояснения к картам.....	12
Пояснение 1. Интересные факты из истории открытия галогенов.....	12
Пояснение 2. Галогены в биологии. Интересные факты.....	19
Пояснение 3. Галогены в жизни человека. Интересные факты.....	21
Пояснение 3.1. Флуороз.....	21
Пояснение 3.2. Голубая кровь.....	23
Пояснение 3.3. Галотерапия.....	24
Пояснение 3.4. Химия и война.....	26
Пояснение 3.5. Содержащие фтор и хлор боевые отравляющие вещества....	27
Пояснение 3.6. Отравляющие вещества в художественной литературе.....	28
Выводы.....	30
Литература.....	30

Галогены – очень интересные химические элементы и простые вещества. Сам термин окутан неизвестностью. И о свойствах элементов-галогенов, истории их открытия ходит достаточно легенд для того, что вплотную заняться исследованием этих интереснейших элементов и ответить на вопрос – галогены, кто вы? Группой независимых экспертов – химиков 9-а класса было проведено независимое реферативное исследование имеющегося в различных источниках материала с целью ответа на этот вопрос.

Итак, **целью работы** явилось изучение литературы по всем аспектам вопросов, связанных с галогенами: нахождение в Периодической Таблице, особенности строения атомов, физические свойства, история открытия, терминология, распространенность в природе, влияние на жизнедеятельность. В ходе исследования также выявились темы – отравляющие вещества и они же в литературе, некоторые интересные аспекты применения соединений галогенов.

Итогом работы стало создание карты местности в Периодической Таблице под названием «галогены» и дана достаточно всеобъемлющая ее характеристика.

КАРТА 1. Общие сведения. Не заблудись на местности!

Галогены – элементы VII группы – фтор, хлор, бром, йод, астат (астат мало изучен в связи с его радиоактивностью). Галогены – ярко выраженные неметаллы. Лишь йод в редких случаях обнаруживает некоторые свойства, схожие с металлами.

Термин «галогены» в отношении всей группы элементов (на тот момент были известны фтор, хлор, бром и иод) был предложен в 1841 году шведским химиком Й. Берцелиусом. Первоначально слово «галоген» (в буквальном переводе с греческого — «солерод») было предложено в 1811 году немецким учёным И. Швейггером в качестве названия для недавно открытого хлора, однако в химии закрепилось название, которое предложил Г. Дэви

В основном состоянии атомы галогенов имеют электронную конфигурацию ns^2np^5 , где n - главное квантовое число, или номер периода. По сравнению с атомами других галогенов у атомов фтора $2s^2$ и $2p^5$ электроны слабо экранированы от ядра, что приводит к высокой удельной (на единицу объема) электронной плотности и, соответственно, меньшему радиусу, большим значениям энергии ионизации и электроотрицательности. При переходе от фтора к иоду размер атомов и возможные координационные числа увеличиваются, а энергия ионизации и электроотрицательность (ЭО) уменьшаются.

Свойства фтора, как и других элементов второго периода ($Li-F$), отличаются от свойств более тяжелых элементов соответствующих групп. Например, сродство к электрону у фтора меньше, чем у хлора. Это связано с высокой электронной плотностью и сильным межэлектронным отталкиванием. При переходе от хлора к иоду сродство к электрону уменьшается из-за увеличения радиуса атома галогена. К особенностям фтора относится также высокая электроотрицательность, что приводит к тому, что для фтора из всех возможных степеней окисления $-1, 0, +1, +3, +5, +7$ характерны только две первых. Следует также отметить высокие по сравнению с другими галогенами энтальпии образования ионных и ковалентных фторидов. В случае ионных фторидов это обусловлено небольшим размером иона F^- , сильным кулоновским взаимодействием и, соответственно, высокой энергией кристаллической решетки. Высокая энтальпия образования ковалентных фторидов связана с малым радиусом атома фтора, с большим по сравнению с другими галогенами перекрытием атомных орбиталей и, значит, с более прочной ковалентной связью. Например, в молекулах NF_3 и NCl_3 энергии связи $N-X$ составляют 272 и 193 кДж/моль, соответственно.

Галогены проявляют положительные степени окисления в соединениях с более электроотрицательными элементами, например, с

фтором (ClF_7 , IF_7) и кислородом (8, 9,11). Соединения, в которых атом галогена выступал бы как одновалентный катион X^+ , неизвестны, поскольку энергетические затраты на ионизацию не компенсируются энергией кристаллической решетки и сольватации. Однако для иода и брома известны комплексные соединения, например, $[I(C_5H_5N)_2]^+ NO_3^-$, в которых атом галогена находится в положительной степени окисления +1, +3.

Астат по своим свойствам напоминает иод, например, идентифицированы соединения HAt , CH_3At , $BiAt$, $Ba(AtO_3)_2$. Однако соединения с высшей степенью окисления At (VII) не получены.

КАРТА 2. История.

Знак химического элемента	Этимология названия	Год открытия, автор
F	разрушающий	26 июня 1886 г. французский химик Анри Муассан
Cl	зеленый	1774 г., Шееле
Br	зловонный	1824, А.Балар
I	фиолетовый	1811, Б.Куртуа

КАРТА 3. Физика.

Знак химического элемента	Агрегатное состояние при обычных условиях	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С	Плотность при 20°С, г/см ³
F	газ	-188,1	-213,6	1,1
Cl	газ	-34,1	-101,0	1,57
Br	жидкость	59,2	-7,3	3,04

J	кристаллы	185,5	113,6	4,94
---	-----------	-------	-------	------

КАРТА 4. Биология.

Знаки химических элементов	Содержание галогенов в организме человека	Значение галогенов для человека
F	От $9,5 \cdot 10^{-2} \%$ до $10^{-5} \%$	в костной ткани, ногтях и зубах. В зубах в виде фторапатита $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$
Cl	0,15	В виде соляной кислоты преимущественно в желудочном соке (pH 1÷3. Она необходима для перехода фермента пепсина в активную форму. Хлорид-анион участвует вместе с катионами калия и натрия в солевом обмене между клетками и межклеточными тканями. Суточная потребность в хлориде натрия – 5-10 г.
Br	10^{-5}	Преимущественно в гипофизе. Бромид-анионы накапливаются в мозге и действуют тормозящее на нервную систему
J	$4 \cdot 10^{-5}$	Больше половины содержащегося в человеке иода находится в щитовидной железе – в составе гормонов тироксина и трийодтиронина.

КАРТА 5. Геология.

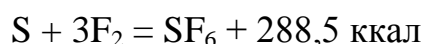
Знаки химических элементов	Распространение на Земле	Содержание в земной коре
F	Встречается исключительно в виде солей, рассеянных по различным горным породам. Наиболее важным соединением является минерал флюорит или плавиковый шпат CaF_2 . Встречается минерал криолит Na_3AlF_6 .	0,02% атомов
Cl	Важнейшим природным соединением хлора является хлорид натрия (галит), который служит	Самый распространенный галоген, 0,025 % от общего числа атомов земной коры

	<p>основным сырьем для получения других соединений хлора. Главная масса хлорида натрия находится в воде морей и океанов. Воды многих озер также содержат значительное количество NaCl – таковы, например, озера Эльтон и Баскунчак. Хлорид натрия встречается и в твердом виде, образуя мощные пласты так называемой каменной соли. Встречаются другие соединения хлора, например, карналлит $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ и сильвинит KCl.</p>	
Br	<p>Встречается в природе в виде солей натрия и калия вместе с солями хлора, а также в воде соленых озер и морей. Бромиды металлов содержатся в морской воде. В подземных буровых водах, имеющих промышленное значение, содержание брома составляет от 170 до 700 мг/л.</p>	$3 \cdot 10^{-3}$ % атомов.
I	<p>Содержится в морской воде, но в столь малых количествах, что непосредственное выделение их из воды очень затруднительно. Однако существуют некоторые водоросли, которые накапливают йод в своих тканях, например ламинарии. Зола этих водорослей служит сырьем для получения йода. Значительное количество йода (от 10 до 50 мг/л.) содержится в подземных буровых водах. Йод также встречается в виде солей йодата KIO_4 и периодата KIO_3, сопутствующих залежам нитрата натрия (селитра) в Чили и Боливии.</p>	$4 \cdot 10^{-6}$ % атомов
At	<p>В природе практически не встречается. Его получают путем искусственно осуществляемых ядерных реакций. Наиболее долгоживущий изотоп астата ^{210}At. Он имеет период полураспада всего 8,3 часа. Ничтожные количества астата обнаружены в продуктах естественного радиоактивного распада урана и тория.</p>	—

КАРТА 6. Химия.

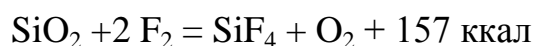
Химическая активность **фтора** исключительна высока. По образному выражению академика А.Е.Ферсмана, его можно назвать всеядяющим. Щелочные металлы, свинец, железо сгорают в атмосфере фтора при комнатной температуре. На некоторые металлы (Cu, Ni) фтор не действуют, так как на их поверхности образуется защитный слой фторида. Однако при нагревании фтор реагирует со всеми металлами, в том числе золотом и платиной.

Со многими неметаллами (водород, йод, бром, сера, фосфор, мышьяк, сурьма, углерод, кремний, бор) фтор взаимодействуют на холоде с образованием соответствующих соединений; реакция протекает со взрывом или с образованием пламени.



Непосредственно фтор не реагирует только с кислородом, азотом и углеродом (в виде алмаза).

Очень энергично реагирует со сложными веществами. В его атмосфере горят такие устойчивые вещества, как стекло (в виде ваты) и водяной пар. Фтор не может быть растворим в воде, так как энергично разлагает её.

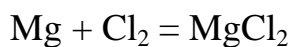
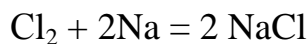


Фтор является самым сильным окислителем.

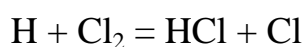
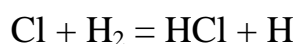
Хлор.

Свободный хлор проявляет высокую химическую активность, хотя и меньшую, чем фтор. Он непосредственно взаимодействует со всеми простыми веществами за исключением кислорода, азота и благородных газов. Такие неметаллы как фосфор, мышьяк, сурьма и кремний при высокой температуре реагируют с хлором с выделением большого количества тепла.

Энергично протекает взаимодействие хлора с активными металлами – натрием, калием, магнием.



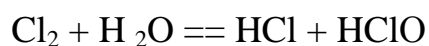
При комнатной температуре без освещения хлор практически не взаимодействует с водородом, но при нагревании или на ярком солнечном свете реакция протекает по цепному механизму со взрывом:



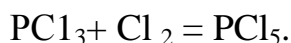
Эта последовательность продолжается дальше, в рассматриваемом случае число звеньев достигает 100000.

При 20⁰ С в одном объеме воды может раствориться 2,3 объема хлора. Желто-зеленый раствор хлора называется хлорной водой.

Хлор реагирует с водой и на свету образует с ней соляную и хлорноватистую кислоту:

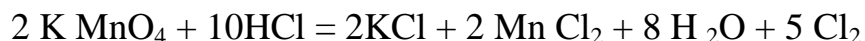


Фосфор, внесенный в хлор загорается, образуя трех- и пятихлористый фосфор:



Хлор получают электролизом концентрированных водных растворов NaCl. На угольном аноде выделяется хлор, а на катоде - водород, в электролизере накапливается едкий натр.

В лаборатории получают взаимодействием концентрированной соляной кислоты с сильными окислителями:



Хлор применяют для получения хлористого водорода и соляной кислоты, для отбеливания ткани и бумаги, обеззараживания питьевой воды (1,5 гр. на

1 м/куб воды), а также для производства хлорной извести, хлоропроизводных органических соединений, ядохимикатов, отравляющих веществ.

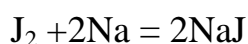
БРОМ

Химическая активность брома меньше, чем у хлора, но все же велика. Со многими металлами и неметаллами, например с фосфором, они реагируют в обычных условиях. При этом бром по активности мало уступает хлору. Соединение брома с водородом происходит лишь при нагревании.

Бром может быть получен окислением HBr. В промышленности его обычно получают из бромидов, действуя раствором хлора. В России, главным образом, добывают из подземных буровых вод, а также из «раны» (насыщенного раствора) некоторых соленых озер.

ЙОД.

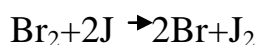
Химическая активность выражена слабее, чем у других галогенов. Активность йода меньше, чем у хлора, но все же со многими металлами он способен взаимодействовать при обычных условиях, образуя соли (название «галоген» происходит от слов рождать соль):



Йод с водородом реагирует только при достаточно сильном нагревании, и не полностью, т.к. начинает идти обратная реакция-разложение жидкого водорода:



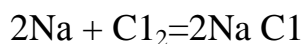
Сравнение химических свойств галогенов показывает, что их относительная активность последовательно уменьшается от фтора к астату. Этот эффект проявляется в способности более легких галогенов в виде простых веществ окислять галоген - ионы более тяжелых галогенов:





Итак, все галогены активно взаимодействуют со всеми простыми веществами. Особенно быстро и с выделением большого количества теплоты протекает реакция соединения галогенов с металлами.

Так, расплавленный металлический натрий в атмосфере хлора сгорает ослепительной вспышкой, а на стёклах сосуда появляется белый налёт хлорида натрия:



Выводы по карте 5:

1. Для галогенов характерны свойства:

- а) окислительные,
- б) восстановительные,
- в) окислителей и восстановителей.

2. Активность атомов галогенов увеличивается в ряду:

- а) F, Cl, Br, I, At.
- б) Cl, Br, I, F, At.
- в) At, I, Br, Cl, F.
- г) I, At, Cl, Br, F.

3. Галогены взаимодействуют со всеми веществами группы:

- а) H_2O , H_2 , Na, O_2 .
- б) HCl, NaCl, NaOH, K.
- в) Fe, O_2 , S, N_2O_5
- г) KOH, H_2O , N_2 , HJ.

Пояснения к картам.

Пояснение 1.

Интересные факты из истории открытия галогенов.

Фтор — разрушающий — удивительно подходящее название для этого элемента. Однако за рубежом более распространено другое имя элемента № 9 — флюор, что в переводе с латинского означает «текучий».

История открытия **фтора** непосредственно связана с минералом флюоритом, который иначе называется плавиковым шпатом. Состав этого минерала, как сейчас известно, отвечает формуле CaF_2 , и он представляет собой первое содержащее фтор вещество, которое когда-либо начал использовать человек. В давние времена было известно, что если флюорит добавить при выплавке металла к руде, то температура плавления руды и шлаков понижается, что значительно облегчает проведение процесса (отсюда название минерала — от лат. fluo — теку).

В 1771 году обработкой флюорита серной кислотой шведский химик К. Шееле приготовил кислоту, которую он назвал «плавиковой». Французский ученый А. Лавуазье предположил, что в состав этой кислоты входит новый химический элемент, который он предложил назвать «флуорем» (Лавуазье считал, что плавиковая кислота — это соединение флуория с кислородом, ведь, по мнению Лавуазье, все кислоты должны содержать кислород). Однако выделить новый элемент он не смог.

За новым элементом укрепилось название «флюор», которое отражено и в его латинском названии. Но длительные попытки выделить этот элемент в свободном виде успеха не имели. Многие ученые, пытавшиеся получить его в свободном виде, погибли при проведении таких опытов или стали инвалидами. Это и английские химики братья Т. и Г. Ноксы, и французы Ж.-Л. Гей-Люссак и Л. Ж. Тенар, и многие другие. Сам Г. Дэви, первым получивший в свободном виде натрий (Na), калий (K), кальций (Ca) и другие элементы, в результате экспериментов по получению фтора электролизом

отравился и тяжело заболел. Вероятно, под впечатлением всех этих неудач в 1816 году для нового элемента было предложено хотя и сходное по звучанию, но совершенно другое по смыслу название — фтор (от греч. *phthoros* — разрушение, гибель). Это название элемента принято только в русском языке, французы и немцы продолжают называть фтор *fluor*, англичане — *fluorine*.

Получить фтор в свободном виде не смог и такой выдающийся ученый, как М. Фарадей.

Были на этом пути и удачи. Фреми, пытаясь с помощью электролиза извлечь фтор из фторидов, нашел способ получения безводного фтористого водорода. Каждый опыт, даже неудачный, пополнял копилку знаний об удивительном элементе и приближал день его открытия. И этот день настал. 26 июня 1886 г. французский химик Анри Муассан подверг электролизу безводный фтористый водород. При температуре -23°C он получил на аноде новое, чрезвычайно реакционноспособное газообразное вещество. Муассану удалось собрать несколько пузырьков газа. Это был фтор.

О своем открытии Муассан сообщил Парижской академии. Моментально была создана комиссия, которая через несколько дней должна была прибыть в лабораторию Муассана, чтобы увидеть все своими глазами. Муассан тщательно подготовился к проведению повторного эксперимента. Он подверг исходный фтористый водород дополнительной очистке, и... высокопоставленная комиссия не увидела фтора! Опыт не воспроизводился, электролиза с выделением фтора не наблюдалось! Скандал?!

Но Муассану удалось найти причину. Оказалось, что лишь небольшие количества фтористого калия, содержащегося во фтористом водороде, делают его проводником электричества. Применение в первом опыте фтористого водорода без дополнительной очистки обеспечило успех: были примеси - шел электролиз. Тщательная подготовка второго опыта стала причиной неудачи.

И все-таки удача определенно сопутствовала Муассану. Вскоре ему удалось найти недорогой и надежный материал для аппаратов, в которых получается фтор. Эта проблема была не менее сложной, чем получение неподатливого элемента. Фтористый водород и фтор разрушали любую аппаратуру. Еще Дэви испытывал сосуды из кристаллической серы, угля, серебра и платины, но все эти материалы разрушались в процессе электролиза соединений фтора.

Первые граммы фтора Муассан получил в платиновом электролизере с электродами из иридиево-платинового сплава. Несмотря на низкую температуру, при которой проводился опыт, каждый грамм фтора «уничтожал» 5 - 6 г платины.

Платиновый сосуд Муассан заменил медным. Конечно, и медь подвержена действию фтора, но как алюминий защищается от воздуха окисной пленкой, так и медь «укрывалась» от фтора за пленкой непреодолимого для него фторида меди.

Электролиз до сих пор остается практически единственным методом получения фтора. С 1919 г. в качестве электролита используются расплавы бифторидов. Материалы современных электролизеров и электродов — это медь, никель, сталь, графит. Все это во много раз удешевило производство элемента № 9 и дало возможность получать его в промышленных масштабах. Однако принцип получения фтора остался тем же, что предлагали Дэви и Фарадей и впервые осуществил Муассан.

Фтор и многие его соединения представляют не только большой теоретический интерес, но и находят широкое практическое применение. Соединений фтора очень много, использование их настолько многосторонне и обширно, что для рассказа обо всем интересном, что связано с этим элементом, не хватило бы и 100 страниц. Поэтому в нашем рассказе вы встретите только самые интересные фтористые соединения, прочно вошедшие в нашу промышленность, в нашу жизнь, в наш быт и даже в наше

искусство - соединения, без которых (это можно сказать без преувеличения) немислим прогресс.

Хлор

Название элемента происходит от греческого *χλωρος* - "зелёный".

Впервые газообразный безводный хлороводород собрал Дж. Присли в 1772г. (над жидкой ртутью). Впервые хлор был получен в 1774 г. Шееле, описавшим его выделение при взаимодействии пиролюзита с соляной кислотой в своём трактате о пиролюзите:



Шееле отметил запах хлора, схожий с запахом царской водки, его способность взаимодействовать с золотом и киноварью, а также его отбеливающие свойства.

Однако Шееле, в соответствии с господствовавшей в химии того времени теории флогистона, предположил, что хлор представляет собой дефлогистированную соляную кислоту, то есть оксид соляной кислоты. Бертолле и Лавуазье предположили, что хлор является оксидом элемента *мурия*, однако попытки его выделения оставались безуспешными вплоть до работ Дэви, которому электролизом удалось разложить поваренную соль на натрий и хлор.

Бром

Бром был последним из галогенов, который был открыт химиками. Это событие произошло осенью 1885 года в одной из лабораторий Гейдельбергского университета, которой руководил профессор Л. Гмелин. Один из студентов принес своему учителю колбу, в которой находилась какая-то жидкость бурого цвета. Этим студентом был К. Левиг, который рассказал профессору, что изучал состав одной из минеральных вод, и что он пропустил через воду хлор и раствор приобрел бурую окраску. Это вещество он выделил из раствора с использованием эфира. Это и был бром.

Л.Гмелин заинтересовался работами студента и попросил его приготовить побольше данного вещества, чтобы детально изучить его

свойства. Для этой работы требовалось длительное время, а у молодого студента его как раз и не было. Пока К.Левиг получал новые порции брома, в одном из научных химических журналов была опубликована статья, автором которой являлся А.Балар, который работал препаратором в одной из фармацевтических школ во французском городке Монпелье. Он в статье писал, что, изучая с 1824 года болотную растительность, проводил различные эксперименты. И ему удалось получить вещество бурого цвета. Также он исследовал золу, полученную из морских водорослей. Когда он на золу действовал хлорной водой, то раствор разделялся на два слоя, верхний приобретал бурую окраску, а нижний - синюю. Он предположил что внизу находится иод, который давал с крахмалом типичную окраску. А вот что же находилось в верхнем слое? Он думал, что образовалось соединение хлора и иода, но выделить его не удалось. Балар выдвинул гипотезу, что это есть новый неизвестный химический элемент. Он выделил жидкость красно-бурого цвета, точно такую же, как и К. Левиг. Балар решил назвать его мурид, что в переводе с латинского значит "рассол". Друзья посоветовали ему отправить статью, точнее, отчет в Парижскую академию наук. Отчет был назван «Мемуар об особом веществе, содержащемся в морской воде». В работе было вынесено предположение, что это вещество похоже на галогены хлор и иод. В академии была создана специальная комиссия, которая проверила, на самом ли деле получен новый химический элемент. Члены комиссии подтвердили, что это так и есть на самом деле. Но только они предложили назвать данный химический элемент "бром", что в переводе означает зловонный, из-за неприятного запаха жидкости.

Иод

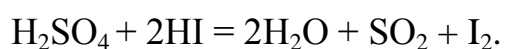
Во Франции в годы наполеоновских войн требовалось большое количество селитры для производства пороха. Селитру ввозили сначала из Индии, но ее не хватало. Правда, к этому времени уже были открыты богатые залежи чилийской селитры в Южной Америке. Но эта селитра была не калиевой, а натриевой и обладала весьма неприятным свойством притягивать

из воздуха влагу (отсыревать), что делало ее малопригодной для производства пороха. В Испании еще в 1808 г. был найден способ превращения натриевой селитры в калиевую с использованием для этой цели золы, получаемой при сжигании морских водорослей. Вот этим-то делом и занялся на своем небольшом заводе в г. Дижоне во Франции Куртуа.

Он давно уже заметил, что в продуктах, получаемых из золы морских водорослей, которые в изобилии выбрасывались приливами океана на берег Франции, находится какое-то вещество, действующее разъедающе на железные и медные сосуды. Но ни сам Куртуа, ни его помощники не знали, как выделить это вещество из золы водорослей. Ускорению открытия помог случай.

В рассказах того времени утверждалось, что на заводе, где вырабатывалась селитра, рабочие как-то погнались за кошкой. Убегая от преследователей, кошка случайно опрокинула сосуд с серной кислотой на остатки солей от выработки селитры, и тогда вдруг из образовавшейся смеси выделились густые фиолетовые пары.

Насколько правдоподобен этот рассказ в свете современных химических знаний? Действительно, серная кислота, действуя на йодистые соли щелочных металлов (KI, NI), выделяет йодистый водород (HI). Как вещество непрочное, он в присутствии серной кислоты разлагается с выделением свободного йода:



Таким образом, ничего невероятного в рассказах нет.

Куртуа заинтересовался этим явлением и внимательно стал изучать новое вещество. В пределах имевшихся у него знаний и возможностей он довольно подробно изучил его и пришел к ряду важных открытий: он нашел, что фиолетовые пары при их охлаждении оседают в виде черных с металлическим блеском кристаллов, что новое вещество соединяется с водородом, фосфором, металлами, а с аммиаком образует крайне взрывчатое

вещество. Это был йодистый азот NI_3 – черный порошок, легко взрывающийся при легком встряхивании и даже прикосновении.

О своих наблюдениях и выводах Куртуа сообщил двум своим друзьям из Дижона – Н.Клеману и Ш.Б.Дезорму. Клеман проделал все эксперименты, о которых ему рассказал Куртуа, убедился в полной справедливости его выводов и в январе 1813 г. сделал небольшое сообщение ученым Парижа о загадочном веществе. Вторичное сообщение об открытии было сделано Клеманом в ноябре того же года. Ни одно из этих сообщений в печати не было опубликовано. Однако сохранилось краткое описание сделанного открытия в журнале «Анналы химии» за 1813 г., в котором не была забыта и роль Куртуа.

«Новое вещество, – говорилось в этом сообщении, – по внешнему виду – металл. Его удельный вес около 4. Металл очень летуч; запах его паров аналогичен запаху хлора. Он сообщает красно-бурую окраску (которая исчезает спустя короткое время) бумаге и рукам. Это вещество – не кислота, не щелочь. При нагревании его в закрытой реторте оно спокойно испаряется, при температуре около 75° по Цельсию, кипит под водой, образуя великолепные фиолетовые пары; а когда возгоняется в значительном количестве, образует большие блестящие пластинки, никогда, однако, не бывающие массивными. Оно слегка растворяется в воде, лучше в алкоголе и еще лучше в эфире».

Новое вещество привлекло внимание двух знаменитых ученых – французского Ж.Л.Гей-Люссака и английского Г.Дэви, которые независимо друг от друга принялись изучать его свойства. Вскоре между этими учеными возник довольно страстный научный спор. Дэви первым пришел к выводу, что новое вещество – элемент, похожий на хлор, открытый К.В.Шееле. Гей-Люссак долго не соглашался с выводами Дэви, но под давлением доказательств последнего в конце концов должен был признать правоту его взглядов.

Теперь, когда вещество было признано за элемент и споры между этими учеными о его природе уже прекратились, нужно было дать ему название. Гей-Люссак назвал его йодом, а Дэви – йодином. Оба ученых при установлении названия исходили из одного и того же признака – фиолетового цвета паров вещества (от греч. *iōdes* – фиолетовый). Ныне во всех странах мира, в том числе и в России, употребляется первое название – йод, и только в Англии сохранилось название йодин. Соответственно этим названиям принят и символ для элемента I.

Гей-Люссак посвятил изучению нового элемента много времени. В 1814 г. была напечатана его обширная работа о йоде, в которой он обосновал теорию водородных кислот (гидрокислот), подробно описал важнейшие соединения йода и установил путем сравнения различных реакций веществ с хлором и йодом, что хлор «сильнее йода».

Так был открыт новый сходный с хлором элемент, который благодаря своим ценным антисептическим свойствам стал широко известен людям.

Пояснение 2. Галогены в биологии. Интересные факты.

Содержание фтора в организме человека около $10^{-5}\%$ – в костной ткани, ногтях и зубах. В зубах в виде фторapatита $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ содержится 0,01% фтора. При избытке фтора повышается хрупкость костей (флюороз). У рабочих электролизных цехов алюминиевых заводов со стажем работы более 10 лет заболеваемость флюорозом превышает 10%

Фтор - сильное ядовитое вещество, вызывает воспаление слизистых оболочек и сильные, долго незаживающие ожоги кожи. Соединения фтора приводят к сильным отравлениям. Например, при отравлении фтористым натрием наблюдаются следующие признаки: рвота, иногда кровью, понос, сильное возбуждение, порезы мышц, судороги, паралич дыхательного центра.

Оказание первой помощи: промывание желудка, солевое слабительное, известковая вода, и обратится к врачу!

Содержание **хлора** в организме человека около 0,15%. Массовая доля соляной кислоты в желудочном соке (рН 1÷3) около 0,3%. Она необходима для перехода фермента пепсина в активную форму. Хлорид-анион участвует вместе с катионами калия и натрия в солевом обмене между клетками и межклеточными тканями. Суточная потребность в хлориде натрия – 5-10 г.

Это сильное ядовитое вещество. При вдыхании паров вызывает ожог слизистых дыхательных путей, кашель, удушье, боли в груди и в глазах, слезотечение, отёк легких, ослабление сердца.

При приеме внутрь – рвота, боли в желудке, мокрота, спазм голосовой щели..

Первая помощь: вдыхание кислорода, вдыхать тёплые водяные пары с нашатырным спиртом. Полный покой, постельный режим. При попадании в глаз – промывание 2% раствором соды и обратится к врачу.

Содержание **брома** в организме человека $10^{-5}\%$ – преимущественно в гипофизе. Бромид-анионы накапливаются в мозге и действуют успокаивающе. В 1910 г. один из учеников И.П.Павлова, П.М.Никифоровский, установил в опытах на собаках, что бромиды не снижают возбудимость, а усиливают торможение.

Бром - ядовитое вещество. При вдыхании паров брома: насморк, кашель, удушье, явление бронхита и бронхопневмонии, слезотечение, конъюнктивит. Слизистая рта и языка имеет коричневый цвет. При внутреннем приеме: боли в животе, рвота и понос. Первая помощь: вдыхать водяные пары с небольшой примесью нашатырного спирта, ингаляции с содовым раствором. При отравлении через рот – промывание желудка 0,5% раствором тиосульфата натрия.

Бром находит применение для выработки специальных добавок к моторным топливам и для получения соединений брома. Бромиды калия и натрия используют в медицине, в фотографии.

Растворы бромидов натрия и калия под химическим неправильным названием «бром» применяется как успокаивающее средство при расстройствах нервной системы.

Йод - ядовитое вещество. Симптомы острого отравления: бурое окрашивание языка и слизистой оболочки рта, рвота бурыми и синими массами, понос, головная боль, насморк, кожная сыпь. В тяжелых случаях - судороги, коматозное состояние. Помощь при отравлениях: промывание желудка 0,5% раствором тиосульфата натрия, внутрь 20-30г активированного угля в водной взвеси. Промывать, прополоскать, нос, рот, глотку 2% раствором двууглекислого натрия.

Больше половины содержащегося в человеке иода (всего $4 \cdot 10^{-5}\%$) находится в щитовидной железе – в составе гормонов тироксина и трийодтиронина.

В небольших дозах регулирует работу щитовидной железы. При недостатке йода возникает базедова болезнь.

Йод применяют для йодной настойки(5% раствора йода в спирте,) йодид калия используют в медицине, аналитической химии, а йодид серебра – при изготовлении фотоматериалов.

Пояснение 3.

Галогены в жизни человека. Интересные факты.

3.1. Флюороз.

При профессиональном флюорозе (у рабочих алюминиево-магниевого производства, имеющих контакт с криолитом $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ и оксидом алюминия, а также при изготовлении фторсодержащих минеральных удобрений), эмаль зубов не разрушается, но системные проявления флюороза

имеются. На биохимическом уровне повышенное содержание фтора влияет на многие биохимические процессы. Фтор взаимодействует с кальцием, магнием, марганцем, железом и другими металлами. Кроме того, он оказывает угнетающее действие на ферменты, что вносит нарушения в обмен веществ; фтор способен замещать йод в таких неорганических соединениях или изменять их свойства. Специфическое действие фтора на ферменты объясняется взаимодействием его с Ca, Mn, Fe, Mg, входящими в состав ферментов, а также с фосфопротеинами. Фтор способен снижать гликолиз в связи с торможением фермента энолазы, что приводит к задержке мезоточного обмена углеводов на уровне образования 2-фосфорнопировиноградной кислоты. Это объясняется тем, что фтор вступает во взаимодействие с магнием с образованием магний фторфосфата. Обмен липидов блокируется фтором на этапе окисления жирных кислот. Тормозит фтор и аденозинтрифосфатазу, обуславливающую расщепление АТФ с образованием неорганического фосфата. Влияние фтора на холинэстеразу, фермент, гидролизующий ацетилхолин на холин и уксусную кислоту, опосредуется взаимодействием фтора с Mg, Mn, Ca, Ba, которые активируют этот фермент. При этом повышается уровень ацетилхолина в синаптической щели холинергических нейронов, что приводит к повышению чувствительности как скелетных мышц, так и гладкой мускулатуры кишечника и желез к ацетилхолину. Фтор нарушает и процессы кальцификации. Известно, что процесс кальцификации состоит из двух этапов. На первом этапе происходит гидролиз фосфорнокислого эфира щелочной фосфатазой с образованием фосфорной кислоты. На втором - фосфорная кислота взаимодействует с кальцием с образованием трикальцийфосфата, который выпадает в осадок и откладывается. Фтор тормозит вторую реакцию, что приводит к компенсаторному увеличению действия щелочной фосфатазы и образованию экзостозов и пр. Кроме того, фтор угнетает *in vitro* липазы, птиалин, панкреатическую амилазу, диастазу, уреазу, некоторые протеолитические ферменты, сычужный фермент,

каталазу, пероксидазу, карбоксилазу, сукциндегидрогеназу, цитохром С. К числу немногих ферментов, активируемых фтором, принадлежит мальтаза. Из ферментов, инактивируемых фтором, привлекает внимание дезоксирибонуклеаза, осуществляющая ферментативное расщепление ДНК на тетрануклеотиды. Этот фермент, играющий, возможно, роль в процессе роста злокачественных опухолей, активируется магнием и также подавляется фтором. В некоторых случаях показано, что фтор способен активировать адренэргические влияния. Но в отношении нервной системы при хроническом флюорозе преобладает раздражение парасимпатических отделов нервной системы, о чем свидетельствует гипогликемия у рабочих фтор производств и у больных с тяжелым эндемическим флюорозом, а также ваготонические симптомы со стороны сердечно-сосудистой системы (брадикардия, гипотония) и морфологические изменения состава крови (лейкопения, лимфоцитоз).

3.2. “Голубая кровь”

В начале 60-х годов появились сообщения об идее американца Генри Словитера, предлагавшего создать насыщенные кислородом воздуха эмульсии перфторуглеродов в качестве дыхательной среды и возможных кровезаменителей. В 1966 г. Лиленд Кларк поместила мышь – как рыбу – в аквариум, наполненный перфторэмульсией. В конце семидесятых по "специальным каналам" правительство СССР получило сообщение о проводимых в США и Японии работах по созданию кровезаменителей на основе перфторуглеродных эмульсий. Сообщение взволновало. Стало очевидным стратегическое значение этих исследований. Работы были поручены Институту биофизики АН СССР (Пушино). Основную работу выполняли Феликс Федорович Белоярцев, Евгений Ильич Маевский, Бахрам Исламович Исламов и Сергей Иванович Воробьев. После двух тысяч экспериментов на животных 26 февраля 1984 года Фармкомитет СССР дал разрешение на проведение 1-й фазы клинических испытаний. 15 марта 1985 года было дано разрешение "на проведение 2-й фазы клинических испытаний

препарата перфторан в качестве кровезаменителя с функцией переноса кислорода...". Средний размер частиц эмульсии в перфторане около 0,1 микрона. Размер эритроцита – 7 микрон. Это соотношение обусловило все успехи. Для операций по пересадке почки берут у "доноров" – погибших в катастрофах людей. Жизнеспособность таких почек сохранить очень трудно. Существует специальная служба – хирурги, вылетающие к месту катастрофы за "материалом". Обычно почку промывают – перфузируют физиологическим раствором с разными добавками, охлаждают и в сосуде Дьюара везут в клинику, где уже подготовлен к операции "реципиент". Почку пересаживают. Это сложная операция. И очень часто – почти в половине случаев – пересаженная почка "не работает": жизнеспособность ее недостаточна. Эту неработающую почку удаляют, а пациенту почти не остается надежды на новую операцию. Когда же почку донора перфузировали перфтораном, успех стал почти стопроцентным. Введение перфторана спасло многих солдат в госпиталях Афганистана. Он был не только кровезаменителем, но и оказался неожиданно эффективным средством против "жировой эмболии" – внезапной закупорки крупных кровеносных сосудов каплями жира, попадающими туда из костного мозга. Жировая эмболия – наиболее частая причина смерти при ранениях на войне. То, что перфторан "пробивает", предупреждает заторы в кровообращении, самое важное достоинство препарата. Весной 1985 года работы по производству и испытаниям перфторана были выдвинуты на соискание Государственной премии СССР. Однако в результате спровоцированной ведомственными и личными амбициями клеветнической кампании лаборатория в ИБФ была разгромлена. В декабре 1985 г. Ф.Ф. Белоярцев покончил с собой, директор ИБФ Г.Р.Иваницкий подал заявление об уходе. Удивительным образом перфторан все еще не устарел и по ряду свойств не уступает лучшим зарубежным препаратам. Когда представители фирм США или Франции бывают в Пущине, им показывают почти все, но в некоторые помещения не пускают – "коммерческая тайна, господа!" В

Пушине проходят регулярные конференции по применению перфторуглеродов в биологии и медицине. Труды этих конференций можно рекомендовать тем, кто захочет узнать больше обо всем этом.

3.3. Галотерапия.

Одним из популярных методов, применяемых в условиях курортов, является спелеотерапия (СТ) – использование с целью лечения микроклимата подземных соляных пещер. СТ легла в основу методов, использующих микроклиматические факторы соляных спелеолечебниц в условиях наземных помещений. Большой опыт лечения больных различными формами болезней органов дыхания доказал высокую эффективность СТ в условиях соляных копий Величка (Польша), Солотвино (Западная Украина), Нахичевани (Армения), Чон-Туза (Киргизия), Березняков (Россия) и др. Исследованиями показано, что в процессе лечения происходит адаптация организма к специфическим особенностям микроклимата и постепенная перестройка деятельности всех функциональных систем организма. Многолетние медицинские исследования, проведенные в этих спелеолечебницах, позволили определить факторы, оказывающие лечебное воздействие. Для микроклимата характерны постоянство температуры и давления, газового состава воздуха, низкая относительная влажность, повышенное содержание отрицательно заряженных ионов, отсутствие бактериальной флоры и аллергенов, несколько повышенное содержание углекислого газа. Но самым главным обстоятельством является то, что, пребывая в подземной лечебнице, пациенты вдыхают воздух, насыщенный сухим аэрозолем соли. Воздух спелеолечебниц (галитовых, сильвинитовых), расположенных в бывших соляных выработках, содержит сухие частички соли. Параметры этого аэрозоля изучены. Плотность (концентрация) аэрозоля соли составляет наиболее часто 2–5 мг/м³. Немаловажный факт, что природный аэрозоль содержит в своем составе значительное количество респирабельных частиц (1–5 мкм) соли, которые имеют решающее значение для лечебного действия в дыхательных путях. Как показали многочисленные исследования, именно

сухой солевой аэрозоль является главным действующим фактором СТ. Кроме того, именно солевой аэрозоль и очищает воздух подземных спелеолечебниц, создавая безмикробную, почти стерильную атмосферу. Механизмы действия сухого аэрозоля хлорида натрия улучшают реологические свойства бронхиальной слизи и способствуют работе реснитчатого эпителия, сухой аэрозоль хлорида натрия оказывает мукорегулирующее действие, улучшает дренажную функцию дыхательных путей, способствует выведению чужеродных частиц, микроорганизмов, продуктов их метаболизма. Действуя в качестве регидранта, сухой аэрозоль хлорида натрия уменьшает отек стенок бронхов и способствует уменьшению застойных явлений в сосудах. Он оказывает подавляющее действие на рост и жизнедеятельность микроорганизмов, сопровождающееся процессом потери ими патогенных свойств. При действии галоаэрозоля возрастает устойчивость клеток эпителия к действию патогенных микроорганизмов. Кроме биологических свойств аэрозоля хлорида натрия, большое значение придается его физическим свойствам. Преобладание респирабельных частиц в составе галоаэрозоля обеспечивает его проникновение во все отделы дыхательных путей, вплоть до самых глубоких. При изучении поглощения в органах дыхания капельно-жидкого и сухого аэрозоля хлорида натрия было установлено, что степень задержки частиц одинаковой дисперсности выше у сухого аэрозоля, поэтому использование сухого высокодисперсного аэрозоля дает возможность назначения низких доз и предотвращения развития нежелательных побочных реакций. Физико-химические свойства сухого аэрозоля определяют специфику методики ГТ, особенностью которой является многокомпонентное лечебное действие чрезвычайно малых доз вещества.

3.4. Химия и война.

Авторами идеи использовать отравляющие вещества как оружие массового уничтожения оказались, как это ни печально признать, не генералы, а ученые-химики. Первым предложил использовать хлор в

широких масштабах как боевое отравляющее вещество профессор Берлинского университета Вальтер Фридрих Герман Нернст (1864 - 1941, Нобелевская премия по химии 1920 года). Полевые опыты проводил профессор Фриц Габер (1868-1934, Нобелевская премия по химии 1918 года).

К началу первой мировой войны Германия была государством с наиболее развитой химической промышленностью, что позволило в короткие сроки произвести большие количества ядовитых веществ. 22 апреля 1915 года при благоприятном направлении ветра немецкие войска выпустили из баллонов за 5 минут около 180 т хлора. На участке фронта шириной 6 км в долине реки Ипр было поражено около 15 тысяч человек, из них сразу погибли 5 тысяч. Англо-французский фронт был на этом участке уничтожен. Но немецкое командование, не верившее расчетам Габера, не ожидало такого страшного эффекта и не использовало реальный шанс победы в сражении. Вот описание очевидца: "Мы не верили своим глазам... Мы не могли верить тому, что услышали от беглецов: мы приписывали их слова расстроенному воображению: зеленовато-серое облако, спустясь на них, становилось желтым по мере своего распространения и опаляло на своем пути все, до чего касалось, заставляя растения гибнуть. Никакой самый мужественный человек не мог устоять перед подобной опасностью. Среди нас, шатаясь, появились французские солдаты, ослепленные, кашляющие, тяжело дышащие, с лицами темно-багрового цвета, безмолвные от страданий, а позади их в отравленных газом траншеях остались, как мы узнали, сотни их умирающих товарищей. Это самое злодейское, самое преступное деяние, которое я когда-либо видел".

Во время первой мировой войны было широко использовано кожно-нарывное ОВ – иприт (первое применение 13 июля 1917 г. против англо-французских войск в Бельгии). Его главное отличие от уже известных к тому времени ОВ – возможность смертельного отравления при попадании капель жидкости на кожу. Противогаз, таким образом, не спасал от иприта, и его даже называли "королем газов". За время первой мировой войны от иприта

пострадало около 400 тыс человек. В 1917 году было синтезировано еще более мощное кожно-нарывное ОВ – люизит, названное по имени американского химика У.Ли Льюиса, впервые получившего это соединение.

3.5. Содержащие фтор и хлор боевые отравляющие вещества

В тропическом растении *Dichapetalum sycosum* (гифблаар) обнаружена калиевая соль монофторуксусной кислоты FCH_2COOK . Для человека смертельная доза = 10 мг/кг. Такой же ядовитостью обладает монофтроэтанол $\text{FCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ – диверсионный яд, не отличающийся по запаху от этанола. Перспективными боевыми ОВ считались трехфтористый хлор и пятифтористая сера. Основную часть запасов современных военно-химических арсеналов составляют нервно-паралитические ОВ. Это фосфорорганические соединения общей формулы: $\text{R}_1\text{R}_2\text{X,P=O}$ или $\text{R}_1\text{R}_2\text{-P=O X}$ где Р – атом фосфора, R1 и R2 – органические радикалы, X – или галоген (Cl, F), или CN- группа, или нитрофенол. В 1937 г. синтезировано первое боевое ОВ этого ряда – диметиламид этилового эфира цианфосфорной кислоты или табун ($\text{R}_1 = (\text{CH}_3)_2\text{N}$; $\text{R}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{O}$; $\text{X} = \text{CN}$), а в 1938 г. – изопропиловый эфир метилфторфосфоновой кислоты или зарин, до сих пор имеющийся в арсеналах многих стран ($\text{R}_1 = \text{CH}_3$; $\text{R}_2 = i\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}$; $\text{X} = \text{F}$). В конце 1944 г. синтезирован пинаколиловый эфир метилфторфосфоновой кислоты или зоман ($\text{R}_1 = \text{CH}_3$; $\text{R}_2 = (\text{CH}_3)_3\text{CCH}(\text{CH}_3)\text{O}$; $\text{X} = \text{F}$). К концу второй мировой войны в Германии было накоплено 8770 т табуна, 1260 т зарина и 20 т зомана.

3.6. Отравляющие вещества в художественной литературе

Приведенные ниже литературные отрывки посвящены первой мировой войне – самым позорным годам для химиков, когда вся мощь "науки-волшебницы" была брошена на службу смерти. В романах английского и немецкого писателей показано, как выглядело химическое оружие с разных сторон фронта. В первую мировую войну химическое оружие применяли все воюющие страны, включая Россию. С апреля 1915 года по ноябрь 1918 года немецкая армия совершила 50 газобаллонных атак, а английская – 150. К

концу войны более половины производимых в Германии артиллерийских снарядов были химическими – их снаряжали в основном ипритом (9 млн. снарядов).

Олдингтон Р. «Смерть героя».

Известный английский писатель Ричард Олдингтон написал свой роман о первой мировой войне в 1929 году. В приведенном отрывке говорится, как главный герой романа, 20-летний англичанин Джордж Уинтерборн, читает на фронте письмо от жены: "Стоя у входа в свой погреб, Уинтерборн снял каску и отогнул верх противогаза, чтобы оглядеться, но зажим с носа не снял и большого резинового мундштука изо рта не выпустил. В белесом свете утра все казалось холодным и смутным, и с безжалостной настойчивостью снова и снова глухо рвались химические снаряды. Уинтерборн следил за разрывами: из каждой воронки всплывало кудрявое облачко желтого газа... Сердце его сжалось от внезапной мысли, что впервые в жизни он за всю весну не видел ни одного цветка, не видел хотя бы первоцвета. Крохотная желтая мать-и-мачеха, которую он так любит, вся загублена фосгеном. Дальше Элизабет писала: "На прошлой неделе я видела Фани. Она изящна и очаровательна, как никогда, и на ней изумительная шляпа! Говорят, она очень привязалась к одному блестящему молодому ученому, он химик и делает какие-то поразительные вещи. Он смешивает всякие вещества и делает опыты с дымом и убивает им десятки бедных маленьких обезьянок. Ужасно, правда? Но Фани говорит, что это очень важно для войны".

Ремарк Э.М. « На Западном фронте без перемен. Возвращение».

Выдающийся немецкий писатель Эрих Мария Ремарк посвятил несколько романов поколению, ставшему жертвой мировой войны. Самый известный из романов этой серии, "На Западном фронте без перемен", рассказывает о судьбе ребят, всем классом ушедших добровольцами воевать за "Великую Германию".

с.43: Глухие хлопки химических снарядов смешиваются с грохотом разрывов. Между разрывами слышно гудение набатного колокола; гонги и

металлические трещотки возвещают далеко вокруг "Газ, газ, газ!" За моей спиной что-то шлепается о дно воронки. Раз-другой. Я протираю запотевшие от дыхания очки противогаза. Это Кат, Кропп и еще кто-то. Мы лежим вчетвером в тягостном, напряженном ожидании и стараемся дышать как можно реже. В эти первые минуты решается вопрос жизни и смерти: герметична ли маска? Я помню страшные картины в лазарете: отравленные газом, которые еще несколько долгих дней умирают от удушья и рвоты, по кусочкам отхаркивая перегоревшие легкие. Я дышу осторожно, прижав губы к клапану. Сейчас облако газа расплзается по земле, проникая во все углубления. Как огромная мягкая медуза, заползает оно в нашу воронку, лениво заполняя ее своим студенистым телом. Я толкаю Ката: нам лучше выбраться наверх, чем лежать здесь, где больше всего скапливается газ. Но мы не успеваем сделать это: на нас снова обрушивается огненный шквал. На этот раз грохочут, кажется, уже не снаряды, – это бушует сама земля...

с.79. Многих уносит внезапная химическая атака. Они даже не успевают сообразить, что их ожидает. Один из блиндажей полон трупов с посиневшими лицами и черными губами. В одной из воронок новобранцы слишком рано сняли противогазы; они не знали, что у земли газ держится особенно долго; увидав наверху людей без противогазов, они тоже сняли свои маски и успели глотнуть достаточно газа, чтобы сжечь себе легкие. Сейчас их состояние безнадежно, они умирают медленной, мучительной смертью от кровохарканья и приступов удушья.

ВЫВОДЫ:

В результате проведенной исследовательской работы группой независимых экспертов-химиков поставленная цель была достигнута: дана развернутая характеристика галогенам практически по всем параметрам: строению атомов, нахождению в Периодической Таблице, физическим и химическим свойствам, нахождению в природе и основным минералам, по влиянию на жизнь человека, истории открытия и этимологии названий.

Использование составленных на основе литературного материала карт позволит не «заблудиться» в Периодической Таблице и верно описывать свойства галогенов! Удачи в походе за знаниями!

Литература

- <http://ru.wikipedia.org> – сведения о галогенах
- <http://ru.wikipedia.org> - портрет Бернара Куртуа
- <http://ru.wikipedia.org> - фото йода
- <http://www.baby24.lv/ru/info-h/412> - сведения о роли галогенов в организме
- <http://images.yandex.ru>- картинки, фото, портреты
- <http://files.school-collection.edu.ru>- видеоопыты
- Ю.В.Галичкина, Занимательная химия на уроках в 8-11 классах,издательство «Учитель», 2005 г.
- В.В.Еремин, Н.Е.Кузьменко, А.А.Дроздов «Химия-9 класс», издательство «Мир и образование», 2005 г.
- Н.Е.Кузьменко, В.В.Еремин, В.А.Попков «Начала химии»
- Эмсли Дж. Элементы: Пер. с англ., М., 1993 г. . Популярная библиотека химических элементов. Кн.1-я, Водород-палладий. – М.: Наука, 1983. – 575 с., с.458
- Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. 7-е изд. т.3. Неорганические и элементоорганические соединения. – Л.: Химия, 1977. – 608 с. 5
- Шноль С. “Голубая кровь” Знание-Сила, № 10-11, 1997, Интернет: http://vivovoco.nns.ru/VV/PAPERS/HISTORY/VV_HI12W.HTM
- Сухой аэрозоль хлорида натрия главный действующий фактор спелео- и галотерапии <http://www.kved.ru/php/content.php?id=488&pr=print>
- Леенсон И. Яды и токсины Химия и жизнь – XXI век, 2001, № 7-8, с. 64-67

- Павлович М. Химическая война. М., 1925, Интернет
<http://magister.msk.ru/library/revolt/pavlm007.htm>
- Антонов Н.С. Химическое оружие на рубеже двух столетий М.:
“Прогресс”, 1994. – 174 с., с.11
- Олдингтон Р. Смерть героя. Роман. Пер. с англ. – М.:“Худож. лит.”,
1976. – 320 с., с.260- 261
- Ремарк Э.М. На Западном фронте без перемен. Возвращение. Пер. с
нем. – М.: Выш. школа, 1982. – 380 с., с.43, 79