

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»
Кафедра экологии

М. М. Бражников, И. И. Кирвель

ЙОД И ЙОДНАЯ ПРОФИЛАКТИКА

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
«Основы экологии и энергосбережения»

Минск 2007

УДК 615.468.45(075.8)
ББК 51.204 я 73
Б 87

Рецензент

профессор кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР,
доктор медицинских наук **И. С. Асаенок**

Бражников, М. М.

Б 87 Йод и йодная профилактика : метод. пособие для практич.
занятий по дисц. «Основы экологии и энергосбережения» / М. М.
Бражников, И. И. Кирвель. – Минск : БГУИР, 2007. – 26 с.
ISBN 978-985-488-015-0

Рассмотрены вопросы влияния различных микроэлементов на процессы обмена веществ и организм человека в целом. Особое внимание уделено влиянию йода на щитовидную железу. Раскрыт механизм действия радиоактивного йода на организм человека, приведены рекомендации по применению препаратов стабильного йода населением в целях защиты щитовидной железы от радиоактивных изотопов йода. Пособие предназначено для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР и может быть использовано для проведения практических занятий по дисциплине «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность».

УДК 615.468.45(075.8)
ББК 51.204 я 73

ISBN 978-985-488-015-0

© Бражников М. М., Кирвель И. И., 2007
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2007

1. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И ИХ РОЛЬ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Как известно, человеческий организм имеет следующий состав: вода – приблизительно 60 %, органические вещества – приблизительно 34 %, неорганические вещества – приблизительно 6 % [1]. К органическим веществам традиционно относятся соединения углерода и водорода и их производные, включающие элементы-органогены: кислород (O_2), азот (N_2), серу (S), фосфор (P). К неорганическим веществам относятся многообразные соединения, включающие другие химические элементы периодической таблицы Д. И. Менделеева.

Весьма значительно индивидуальное различие, характеризующее качественным элементарным составом минеральных компонентов тела человека. Однако 15 элементов являются постоянно присутствующими в организме и называются они «жизненно необходимыми». Таковыми являются: Ca , P , Na , Mg , S , Se , K , V , Mn , Fe , Co , Cu , Zn , Mo , J . Отсутствие или дефицит этих элементов влекут нарушение жизнедеятельности организма. При недостаточном содержании какого-либо элемента в организме человека ему наносится ущерб, т.е. процессы протекают на пределе выживания за счет компенсаторных механизмов. Такое функционирование приводит к снижению активности ферментов, в состав которых входит тот или иной микроэлемент. При повышении дозы (концентрации) недостающего элемента в организме (по принципу Ле-Шателье) сдвигается равновесие процессов в сторону достижения нормы. Передозировка элемента (вещества), напротив, приводит к снижению функционирования органа или организма в целом вследствие токсического действия избытка элемента вплоть до летального исхода. Таким образом, и дефицит, и избыток необходимого в организме элемента наносит ему вред.

Вероятность того, что данный химический элемент жизненно необходим, возрастает по мере проявления симптомов дефицита или избытка в следующем ряду [2]:

1. Снижение аппетита.
2. Потребность в изменении диеты.
3. Значительные биохимические изменения состава тканей.
4. Повышенная повреждаемость одной или нескольких биохимических систем и недееспособность этих систем в специальных условиях.
5. Субклинические признаки недееспособности.
6. Клинические симптомы недееспособности.
7. Заторможенный рост.
8. Отсутствие репродуктивной функции.
9. Летальный исход.

Приведенные критерии представлены в порядке возрастания их важности. Оценка необходимости в питании организма тем или иным элементом делается по девятибалльной шкале. Безусловно, самый высокий балл при такой оценке получают классические жизненно необходимые

элементы, такие, как *K, Na, Fe, J, Ca, O₂, C, N₂, Mn, Mg* и др. Установлено, что железо является необходимым участником окислительно-восстановительных процессов, протекающих в организме. Железо (Fe), входящее в состав гемоглобина, участвует в процессе связывания и переноса кислорода к тканям. Его недостаток в организме приводит к железодефицитной анемии, которая проявляется снижением уровня гемоглобина в крови, что, в свою очередь, приводит к ослаблению иммунной системы. В организме человека содержится 4–5 г железа, из них около 70 % входит в состав гемоглобина. В плазме крови железо находится в комплексе с транспортным белком, который в обычных условиях насыщен железом лишь на 20–50 %. Следствием недостатка железа в крови является малокровие, подавленное настроение. Учитывая, что железо откладывается в печени, то по содержанию его в сыворотке крови можно говорить о функциональном состоянии печени. Суточная потребность организма человека в железе составляет 51 мг.

Если в процессе своего развития ребенок не получает достаточного количества железа, то впоследствии у него могут возникнуть проблемы со слухом и зрением, так как системы, контролируемые в головном мозге слух и зрение, медленнее работают у детей, страдающих в ранние годы анемией. Поэтому в рацион питания ребенка в возрасте 6–8 месяцев и старше необходимо включать продукты, содержащие железо. Для взрослых людей, особенно для беременных женщин, необходимо использовать препараты железа не только для лечения, но и для профилактики железодефицитных состояний. Из пищевых продуктов наиболее богаты железом (миллиграмм на 100 г пищевых продуктов): сушеный чернослив – 15 мг; фасоль – 12,4 мг; печень говяжья – 9,8 мг; горох – 9,4 мг; гречневая крупа (ядрица) – 8,0 мг; абрикосы – 2,1 мг; персики – 3–4 мг; айва – 3,0 мг; огурцы – 1 мг; помидоры – 1,5 мг; чеснок – 1,5 мг; яблоки – 3–15 мг; свежие ягоды черной смородины – до 3 мг; крыжовник – 1,8–4,6 мг и земляника до 2,5 мг, а также картофель, цветная капуста, пшеница, дыня, ежевика, черника, белые грибы.

Натрий и калий – жизненно необходимые микроэлементы. Натрий (Na) – основной катион внеклеточной жидкости в организме, регулирует объем плазмы крови, внеклеточной жидкости в организме, участвует в функционировании центральной нервной системы (ЦНС) и работе мышц. Он проводит из тканей к легким углекислый газ.

Калий (K) – основной катион внутриклеточной жидкости, необходимый элемент функционирования ЦНС и мышц, процесса всасывания в кишечнике, регулирующий содержание воды в клетках. Он необходим при запорах, плохой циркуляции крови, ослаблении сердечной мышцы, воспалениях и болезнях кожи. В организме взрослого человека содержится около 100 г натрия (30 % в костях) и 140 г калия (98 % внутри клеток). Ежедневное потребление натрия составляет 5–15 г, калия 2–6 г. Постоянный избыток натрия и калия в пище вызывает некоторое повышение уровня инсулина в крови. Недостаток натрия в организме вызывает застои крови в капиллярах, способствует образованию камней в желчном и мочевом пузырях, печени, вызывает желтуху, болезни

сердца и одышку. Основным источником натрия – пищевая соль, а также сельдерей, морковь, огурцы, зеленая фасоль, земляника, яичный желток, финики.

Калий в большом количестве содержится в свежих овощах: помидорах – 290 мг; огурцах – 140 мг; перцах – 140 мг; баклажанах – 240 мг; кабачках, тыкве и патиссонах – 170–300 мг; моркови – 200 мг; свекле – 280 мг; редьке – 350 мг; чесноке – 260 мг; персиках – 360 мг; черной смородине – 372 мг; картофеле – 560 мг на 100 г.

Магний и кальций – типичные щелочно-земельные металлы. В организме взрослого человека содержится около 19 г Mg (59 % в костях) и 1 кг Ca (99,9 % в костях). Магний (Mg) – компонент костей, зубов, необходимый участник многих обменных процессов. Отравление при значительных дозах Mg – антагониста Ca нередко связано с подавлением активности ЦНС и периферийных нейромышечных соединений. Слабительное действие MgSO₄, введенного в желудочно-кишечный тракт, хорошо известно. Вследствие медленного всасывания этой соли создаются высокое осмотическое давление и усиленный приток воды внутрь кишечника, сопровождающийся диареей. В результате многочисленных исследований установлено, что Mg необходим для функционирования клетки, т.к. катализирует ряд ферментов, стабилизирует ДНК. Недостаток магния ослабляет кости, вызывает в организме нервное перенапряжение, головные боли, хроническую усталость, депрессию, судороги. Источниками магния являются: виноград, апельсины, грейпфруты, финики, инжир, ячмень, горох, яичный желток, хлеб, капуста, лук и козье молоко. Суточная потребность организма человека в магнии составляет 70–80 мг.

Кальций (Ca) является основным компонентом костей, зубов, участвует в функционировании ЦНС и мышц, а также он необходимый компонент системы свертывания крови. Он усиливает активность лейкоцитов, снижает проницаемость сосудов, оказывает противовоспалительное действие. Источниками кальция являются: молочные продукты, яичный желток, морковь – 50 мг, редька – 35 мг, чеснок – 90 мг, листья лука (перья) – 30 мг на 100 г продукта. Суточная потребность организма человека в кальции составляет 500 мг. Определенная роль в процессах метаболизма, протекающих в организме человека, принадлежит ванадию (V), который содержится в мягких тканях (примерно 218 мг у взрослого человека). Дневная норма для человека составляет 2 мг. Его соединения издавна используются как стимуляторы при анемии, а также при лечении сифилиса, туберкулеза, невралгии и ревматизма. В то же время до сих пор не выяснена его специфическая необходимость для организма. При избыточном поступлении ванадия в организм его токсичность снижается высокобелковой диетой и аскорбиновой кислотой (витамин С). Ванадий содержится в цельных злаках, орехах, корнеплодах, печени, рыбе, растительных маслах и шиповнике ($3 \cdot 10^{-3}$ %).

Широко распространенный в природе марганец (Mn) присутствует в растительных и животных тканях. В организме человека его содержится около 120 мг. 43 % этого элемента содержится в костях, остальное – мягких тканях, в

том числе в мозге. Необходимая доза для человека 20–90 мг/сутки. Марганец необходим для роста, сохранения репродуктивной функции, формирования костей, метаболизма глюкозы и липидов, а также для активизации некоторых ферментов. Марганец содержится в яичном желтке, грецких орехах, мяте, петрушке, сое. Очень важную роль в жизнедеятельности организма играет медь (Cu). Она необходима для функционирования ряда ферментных систем. Дефицит меди вызывает анемию, патологический рост костей, недостаточность роста, дефекты соединительной ткани, сердечно-сосудистую недостаточность и смертельный исход. Для человека средняя дневная доза меди составляет 4–5 мг. В организме взрослого человека содержится 100–150 мг меди в связанном с белками состоянии. Наиболее богаты ею ткани головного мозга, печени, сердца и почек. Избыток *Cu* в крови отмечается при шизофрении, алкоголизме. Отравление медью обычно связано со случайной передозировкой инсектицидов или других токсических солей меди, заглатыванием медьсодержащих растворов, а также потреблением кислотных напитков, хранящихся в медной таре или протекающих по трубопроводам из медьсодержащего материала. Медью богаты бобовые и гречишные растения, проросшая пшеница, свекла, арбузы, белые грибы, красная и черная смородина, кизил, яблоки, земляника, ежевика, клюква, шиповник, а также печень и почки.

Одним из наиболее распространенных необходимых микроэлементов в организме человека является цинк (Zn). Его содержание в организме человека в 10–15 раз выше, чем меди, и в 100 раз выше, чем марганца. Цинк присутствует во всех видах пищи. Рекомендуемая доза потребления цинка для человека составляет около 0,3 мг/кг. В медицинских целях используют стеарат цинка в виде мази, помады, хлорид – как местный антисептик, фосфат цинка – как зубной цемент, гидроксид $Zn(OH)_2$ – для приготовления инсулина. Отравление цинком в основном происходит при использовании пестицидов, вследствие небрежного терапевтического применения препаратов цинка, при употреблении продуктов, хранящихся в оцинкованной посуде. Алкоголизм, нарушение питания, недоедание вызывает значительную задержку цинка в организме. Недостаток цинка проявляется в замедлении роста и недоразвитии половых органов в юношеском возрасте. Цинк излечивает некоторые заболевания простаты и предотвращает старческое слабоумие. Цинк содержится в проросшей пшенице.

Селен (Se) способствует очищению вен и артерий от различных отложений. Его недостаток обостряет сосудистые заболевания и снижает сопротивляемость организма к новообразованиям (онкологическим заболеваниям). Суточная потребность организма человека в нем составляет 100–200 мг. Это количество селена содержится в 2,0 г дрожжей, которые перед употреблением необходимо залить кипятком, чтобы «убить» бактерии, вызывающие брожение, а затем выпить с молоком без сахара. Источниками *Se* являются проросшие зерна пшеницы и ржи, морская капуста, креветки, помидоры, яйца, молоко, облепиха.

Фосфор (P), являясь компонентом костей и зубов, участвует в

энергетическом обмене. 2/3 фосфора содержится в костях, а 1/3 – в мышцах и в ЦНС. Недостаток фосфора в организме, даже при достаточном содержании в нем Са, задерживает развитие костей. Изменение содержания фосфора вызывает различные опухоли и изменения в костной ткани. Его избыток может содействовать уменьшению кальция, так как фосфор выводится из организма в связанном виде с кальцием. Суточная потребность взрослого человека в нем составляет 1440–1800 мг. Беременные и кормящие грудью женщины потребляют его несколько больше. Он содержится в яичном желтке, орехах, огурцах, редисе, салате, хлебе, бобовых, картофеле, а также в продуктах животного происхождения (печень, мясо, мозги, сыр), которые хорошо усваиваются организмом. Фосфорные соединения оказывают благоприятное действие на ЦНС, особенно в период напряженной умственной работы.

Одно из важнейших мест среди необходимых элементов при функционировании организма человека принадлежит йоду (J). В организме взрослого человека содержится около 50 мг йода, из которых на щитовидную железу приходится примерно 15 мг. В крови содержится менее 1 % от общего количества в организме. Потребность человека в йоде составляет в среднем 100 мкг/сутки. Согласно рекомендациям ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) физиологические суточные нормы потребления йода составляют:

- дети первого года жизни – 50 мкг;
- дети от 1 года до 6 лет – 90 мкг;
- школьники – 120 мкг;
- взрослые – 150 мкг;
- беременные и кормящие грудью женщины – 200 мкг.

Последней категории прием йодсодержащего препарата желательно начинать на ранних сроках беременности или даже до ее наступления. Однако реально суточное потребление йода колеблется в пределах 30–35 мкг. С пищей, преимущественно растительной, поступает до 90 % йода. Продуктами, содержащими большое количество йода, являются: морская капуста, морские раки, крабы, печень трески, устрицы, сельдь, репа, салат, свекла, помидоры. В небольших количествах йод содержится в пшенице, картофеле, капусте, брюкве, моркови, чесноке, грибах, луке, бананах. Растворимые йодиды быстро и полностью всасываются при попадании через рот или путем ингаляции (20–90 % в течение первого часа) и уровень его в крови повышается очень быстро.

Изучение обмена йода в организме показывает, что йодиды, йодированные карбоновые и аминокислоты, дийодиторизин и тироксин всасываются в верхних отделах желудочно-кишечного тракта. Возвращение к нормальному содержанию йода в крови наступает через 72 часа после приема максимально допустимых доз йодистых соединений. В настоящее время по данным Минздрава Республики Беларусь территория страны относится к региону с недостатком йода в питьевой воде и продуктах питания. Большинство белорусов ощущают недостаток йода, частично компенсируя его путем применения йодированной пищевой соли. Дефицит йода приводит к

вредным последствиям в деятельности организма в целом, и, в первую очередь, нарушает функцию щитовидной железы (эндемический зоб).

Нарушение функции щитовидной железы может вызвать: ожирение и прибавку в весе; снижение работоспособности, формирование синдрома хронической усталости; нарушение репродуктивной и половой функции, т.е. оказывает влияние на нервную и эндокринную системы. Особенно опасен дефицит йода для подростков, когда на фоне быстрорастущего организма нарушается липидный обмен, задерживается половое созревание, выпадают волосы, ухудшается память, появляется глухота. Учитывая важную роль в жизнедеятельности организма функций щитовидной железы, целесообразно более подробно рассмотреть ее влияние на процессы метаболизма и особенности ее заболеваний.

2. ЩИТОВИДНАЯ ЖЕЛЕЗА И ЙОДДЕФИЦИТНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Щитовидная железа (ЩЖ) – орган, имеющий форму бабочки и располагающийся на передней поверхности шеи. Она состоит из двух долей, соединенных между собой перешейком. Нередко у молодых и худых людей щитовидную железу можно увидеть. Прощупывается ЩЖ у большинства людей, за исключением лиц с развитой шейной мускулатурой и клетчаткой. Вместе с другими железами она входит в эндокринную систему, т.е. систему органов, вырабатывающих биологически активные вещества – гормоны. Гормоны, поступая в кровоток, действуют на ткани и органы человека, находящиеся зачастую на значительном отдалении от самих эндокринных желез.

Основной функцией гормонов и всей эндокринной системы является поддержание нормальных значений различных веществ в крови и, таким образом, всех происходящих в организме процессов. Ткань ЩЖ состоит из двух типов клеток, продуцирующих гормоны. Большинство из них составляют клетки, выделяющие в кровь гормоны тироксин (T_4) и трийодтиронин (T_3), которые получили свои названия по количеству атомов йода в их молекулах. Другой вид клеток, имеющих в ЩЖ, продуцирует и выделяет в кровь *кальцитонин*. Он участвует в регуляции уровня кальция в организме, который является основным материалом в строительстве костей, а также при передаче импульса в нервной и мышечной тканях.

Основной функцией гормонов ЩЖ является поддержание нормального метаболизма (обмена веществ) в клетках организма. Тироксин (T_4) и трийодтиронин (T_3) стимулируют обмен веществ практически во всех клетках и регулируют очень многие процессы в организме – дыхание, прием пищи, сон, движение, а также работу большинства внутренних органов – от сердца до репродуктивной системы. Гормоны, выделяемые ЩЖ, необходимы для нормального умственного и физического развития. Наряду с гормоном роста, вырабатываемым в гипофизе, они отвечают за нормальное развитие костей скелета. Недостаток гормонов ЩЖ в детском возрасте приводит к

прекращению роста, а дефицит их при беременности – к недоразвитию мозга будущего ребенка.

Доказанной является роль ЩЖ в нормальном развитии молочных желез у женщин. У здоровых людей ЩЖ принимает участие также в контроле за весом тела. При повышенном потреблении пищи активность ее увеличивается, образование T_3 усиливается, что приводит к повышению скорости обмена веществ в организме. Наоборот, при недоедании активность ЩЖ снижается, приводя к замедлению обмена веществ. Гормоны тироксин и трийодтиронин принимают участие в регуляции водно-солевого баланса, в образовании некоторых витаминов (витамин А в печени), а также в осуществлении функций других гормонов в организме. Например, без гормонов ЩЖ невозможно воздействие гормонов роста на головной мозг. Она (ЩЖ) играет важную роль в функционировании иммунной системы организма. Ее гормоны стимулируют клетки иммунной системы, которые помогают организму бороться с инфекционными заболеваниями. Изменение функций ЩЖ играет важную роль в процессе старения организма. Наиболее распространенным заболеванием, связанным с недостатком гормонов ЩЖ, является *гипотиреоз*. Следует отметить, что данное заболевание часто длительное время не выявляется, т.к. оно имеет постепенное начало и стёртые, неспецифические симптомы, которые расцениваются как результат переутомления, других заболеваний.

При гипотиреозе в организме замедляются все процессы. В условиях недостатка гормонов T_4 и T_3 энергия образуется с меньшей интенсивностью, что приводит к постоянной зябкости и понижению температуры тела. Другим проявлением гипотиреоза является склонность к частым инфекционным заболеваниям, что обусловлено отсутствием стимулирующего влияния тиреоидных гормонов на иммунную систему. Одним из основных симптомов гипотиреоза является постоянная слабость и чувство усталости, даже по утрам. Человека беспокоят постоянные головные боли, часто боли в мышцах и суставах, онемение в руках. Кожа становится отёчной, сухой, волосы и ногти ломкими. Наряду с физической заторможенностью у больных наблюдается умственная заторможенность и забывчивость. При гипотиреозе из-за отёка тканей поражаются органы чувств: расстройство зрения, снижение слуха, звон в ушах. Голос из-за отёка голосовых связок становится низким; часто во сне люди начинают храпеть из-за отёка языка и гортани. Замедление пищеварительных процессов приводит к частым запорам. Одним из самых серьёзных проявлений гипотиреоза является поражение сердца – замедление ритма сердца (менее 60 ударов в минуту).

Другим сердечно-сосудистым проявлением гипотиреоза является повышение уровня холестерина в крови, что приводит к ишемической болезни сердца, основным проявлением которой является стенокардия – резкая боль за грудиной или затруднение дыхания при ходьбе, подъёме по лестнице. У большинства женщин наблюдается расстройство менструальной функции. Менструации могут стать обильнее, длительнее или прекратиться. Многие

женщины при гипотиреозе впервые обращаются к гинекологу с жалобой на бесплодие.

Один из самых распространенных симптомов гипотиреоза – депрессия, по поводу которой больные часто направляются к психологу или психиатру. От 8 до 14 % людей, направленных с диагнозом «депрессия», страдают гипотиреозом. Установлено, что гипотиреоз может развиваться в первую очередь из-за тяжелого дефицита йода, а именно когда в организм взрослого человека поступает менее 25 мкг йода в сутки. У каждого третьего больного гипотиреоз является следствием лечения по поводу териотоксикоза радиоактивным йодом или развивается после операции на ЩЖ. Заболевание нередко передается по наследственности, хотя и не проявляется в каждом поколении.

Нередко гипотиреоз возникает у женщин после родов. При заболевании ЩЖ больному иногда бывает трудно вспомнить все имеющиеся симптомы, т.к. забывчивость, неспособность сконцентрироваться или раздражительность являются одними из симптомов гипотиреоза или, наоборот, тиреотоксикоза. Важным моментом в первоначальной диагностике этих заболеваний является своевременное обращение к врачу и внимательность последнего. Понятие «йоддефицитные заболевания» в настоящее время используется для обозначения всех неблагоприятных влияний дефицита йода на рост и развитие организма, в первую очередь, на формирование мозга ребёнка. Эти влияния можно предотвратить путём йодной профилактики. Перечень йоддефицитных заболеваний весьма значителен, а наиболее серьёзные из них встречаются у детей: врожденные пороки развития, врожденный гипотиреоз, кретинизм, нарушение умственного, физического и полового развития.

Йоддефицитные заболевания в настоящее время являются серьёзной проблемой здравоохранения во многих странах мира. По данным ВОЗ 1 570 млн человек (30 % населения мира) имеют риск развития йоддефицитных заболеваний, в том числе более 500 млн человек проживает в регионах с тяжёлым дефицитом йода и высокой распространённостью эндемического зоба. Около 20 млн человек имеют умственную отсталость вследствие дефицита йода. Йоддефицитные заболевания включают патологические состояния, связанные с нарушением функции щитовидной железы, которые обусловлены снижением потребления йода.

Наиболее распространённым заболеванием является *йоддефицитный, или эндемический зоб*. Это заболевание развивается у людей, проживающих в йоддефицитных регионах, что приводит к увеличению ЩЖ вследствие йодной недостаточности. Такое состояние ещё называют *эутироидным зобом*, т.к. у большинства больных сохраняется нормальный фон тироидных гормонов в крови. Как отмечают специалисты-эндокринологи, дети с зобом имеют худшие показатели физического и полового развития, с трудом обучаются в школе, они чаще болеют, имеют серьёзные изменения со стороны сердечно-сосудистой системы, а также у них хуже показатели крови и др. Увеличение ЩЖ при йоддефицитных состояниях объясняется разрастанием её ткани в ответ на

низкое поступление йода в организм.

Следует отметить, что йодная недостаточность проявляется наиболее ярко при снижении поступления в организм таких микроэлементов, как кобальт, медь, молибден, цинк и др. Некоторые растительные продукты питания (соя, арахис, турнепс, цветная капуста) содержат в себе вещества, способные нарушать синтез гормонов ЩЖ или захват йода железой. Кишечная палочка в процессе своей жизнедеятельности производит ферменты, которые снижают способность ЩЖ к захвату йода.

В настоящее время установлено, что существуют группы людей, подверженных особенно высокому риску развития йоддефицитных заболеваний. Это дети, подростки перед и во время полового созревания, а также беременные женщины. Во время беременности суточная потребность в йоде возрастает почти в 2 раза. Это связано с изменением гормонального фона женщины, а также тем, что поступающий в организм матери йод используется на синтез тиреоидных гормонов у плода, которые необходимы ему для формирования центральной нервной системы, скелета, фактически для обеспечения синтеза белка практически в каждой клетке. Йод из организма человека выводится с мочой, потом и грудным молоком. Поэтому необходимо проводить периодически курсы йодотерапии, направленные на защиту нашего организма.

Массовая йодная профилактика осуществляется путём введения йода в распространённые продукты питания – соль, хлеб. Преимуществом данного метода является его невысокая стоимость при охвате большого количества людей. Однако отсутствие индивидуального контроля за состоянием людей может привести к неблагоприятным последствиям – хронической передозировке йода. Кроме этого гарантийный срок хранения йодированной соли ограничен, т.к. концентрация йода в ней со временем значительно снижается.

Групповая йодная профилактика проводится в масштабе групп повышенного риска по развитию йоддефицитных заболеваний: дети, подростки, беременные и кормящие женщины. Профилактика проводится путём длительного приёма йодсодержащих препаратов.

Индивидуальная профилактика осуществляется с отдельными лицами путём приёма препаратов, содержащих физиологические дозы йода.

Защитить свой организм от дефицита йода в настоящее время очень просто. Практически в любой аптеке имеются препараты стабильного йода. Это «Калий йодид», «Йодомарин 100» (для детей и подростков до 15 лет), «Йодомарин 200» (для беременных и кормящих женщин) и др. Йодид – действующее вещество препарата йодид калия, который быстро всасывается в желудочно-кишечном тракте. Данный препарат используется для лечения нетоксического зоба в любых возрастных категориях, а также для индивидуальной и групповой профилактики осложнений дефицита йода. С аналогичной целью можно применять также и другие йодсодержащие средства.

В настоящее время разработаны и выпускаются гомеопатические средства на основе минеральных и растительных компонентов, которые повышают содержание йода в организме. Одним из таких средств является «Струмель» (Германия). Показаниями для назначения являются: заболевания ЩЖ с пониженной секреторной функцией (диффузионный зоб, последствия облучения); недостаток йода в организме; атеросклероз; коронарный склероз; вспомогательная терапия при гипертензии; ожирение. Одна таблетка «Струмеля» содержит 9,3 мкг йода и предназначена для растворения под языком.

Прежде чем принимать препараты йода, целесообразно обратиться к врачу-эндокринологу, который после соответствующих обследований даст точные рекомендации, какие средства, содержащие йод, следует принимать, и установит продолжительность профилактического приема этого лекарственного препарата. Можно убедиться самому, достаточно ли йода в организме. Для этого на предплечье наносится 5 %-ный спиртовой раствор йода в виде сетки: 5 вертикальных полос и 5 горизонтальных, длиной 5 см с интервалом 1 см. Через 8 часов осматривается место нанесения йодной сетки. Если следы йода сохранились, то йода в организме и ЩЖ достаточно, если следов йода на предплечье нет, то в организме дефицит йода. Однако нельзя исключить отдельные нежелательные реакции среди небольшой части населения, обладающей повышенной чувствительностью к йоду и страдающих рядом заболеваний, при которых приём препаратов может вызвать их сильное обострение.

Признаками насыщения организма йодом являются увеличение слизи в носу либо могут появиться признаки простудного заболевания, крапивница. Естественно, в этом случае прием йода следует на время прекратить. Побочные действия лекарственных препаратов стабильного йода подразделяются на два типа реакций: эффекты, проявляющиеся в самой щитовидной железе (тиреойодит, зоб гипотиреоидный и негипотиреоидный, тиреотоксикоз, гипотиреоидизм); эффекты, развивающиеся в других органах (дерматологические проявления, конъюнктивит, паротит, реакции со стороны желудочно-кишечного тракта, тошнота, рвота, диарея).

Указанные данные о побочном действии йодидов относятся к случаям хронического ежедневного применения фармпрепаратов йода в дозах, значительно превышающих рекомендации врача-эндокринолога. Следует иметь в виду, что для части населения проведение профилактического курса препаратов стабильного йода представляется реально опасным. К числу возможных противопоказаний для приёма препаратов стабильного йода можно отнести: повышенную чувствительность к йоду; патологические состояния ЩЖ (тиреотоксикоз, наличие большого многоузлового зоба); ряд кожных заболеваний (герпетиформный дерматит, псориаз и др.). Учитывая эти особенности воздействия йода на организм человека, целесообразно подробнее остановиться на поглощении и выведении из организма

радиоактивного йода, а также на особенностях защиты ЩЖ от воздействия радиоактивного йода – *J-131*.

3. ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ *J-131* В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Как показывает опыт последних аварий на АЭС с разрушением ядерного реактора, на первом этапе после аварии (примерно 2 месяца) ведущими дозообразующими радионуклидами являются изотопы йода *J-129–135*. При поступлении внутрь организма одного и того же количества данных изотопов доза, создаваемая в ЩЖ детей в возрасте 1–14 лет, может быть значительно больше, чем у взрослого человека (до 10 раз). Это объясняется тем, что масса ЩЖ взрослого человека равна 20 г, а ребенка – 2 г.

Из всех изотопов йода наибольшую опасность, в первую очередь для человека, представляет собой *J-131*, являющийся β - и γ -излучателем. Период полураспада *J-131* составляет 8,05 суток. Энергия β -частиц составляет 0,25–0,82 МэВ, энергия γ -квантов – 0,08–0,72 МэВ. При пероральном поступлении радиоактивный йод практически полностью всасывается в желудочно-кишечном тракте. При ингаляции 50 % радиоактивного йода откладывается в верхних дыхательных путях, до 15 % – в бронхах, остальные (около 35 %) – в легких.

Уже через 6 часов до 15–20 % радиоактивного йода фиксируется в ЩЖ, а через 24 часа фиксируется до 25–30 % изотопа. Основным последствием этого процесса является развитие *гипотериоза* и опухолевых заболеваний ЩЖ (в отдельные сроки), а при поступлении больших доз – *тереойодита*. Около 30 % поступившего в кровь йода откладывается в щитовидной железе и выводится из нее с биологическим периодом полувыведения – 120 суток. Эффективный период полувыведения из ЩЖ равен 7,5 суток. Остальные 70 % поступившего йода в организм равномерно распределяются по различным органам и тканям. Биологический период полувыведения этой части составляет 12 суток, а эффективный – 4,8 суток. Около 10 % от этой части радиоактивного йода выводится с калом, а основная часть – с мочой. Некоторая часть изотопов йода выводится через легкие, а также с потом, слюной, молоком.

В характере поражения *J-131* при низкой зараженности местности большую роль играет функция железы (нормальная, повышенная или пониженная). Так, в норме поглощение *J-131* протекает медленно, не достигает большой величины, но характеризуется известной длительностью [3]. У больных тиреотоксикозом тип поглощения иной: захват йода совершается быстро и интенсивно (уже через 1–4 часа после введения йода через рот ткань железы захватывает до 20 % общего йода), однако и удерживается йод в ЩЖ недолго, и уже после 24 часов концентрация его резко уменьшается. При повышенном заражении местности радиоактивным йодом последствия его воздействия на

организм человека гораздо более тяжелые. Задержка *J-131* в ЩЖ у мужчин и женщин примерно одинакова. С возрастом она падает. Накопление *J-131* в зимнее время примерно в 2,2–3,0 раза выше, чем в летнее время вследствие усиления деятельности ЩЗ. Концентрация *J-131* в слюне и желудочном соке в 30 раз выше, чем в крови. Накопление *J-131* в ЩЗ плода наступает на 18 неделе беременности. В грудное молоко кормящих женщин *J-131* поступает за считанные минуты после отравления и обнаруживается в организме младенца уже через 8–10 минут после кормления. Через 48 часов содержание *J-131* в организме ребенка уже превышает радиоактивность материнского организма. Качественная и количественная оценка заражения *J-131* может быть проведена путем определения γ -излучения от ЩЗ или β - γ -излучения от мочи.

Определение содержания *J-131* в ЩЗ осуществляется путем измерения мощности экспозиционной (эквивалентной) дозы гамма-излучения у поверхности тела. Для этой цели можно использовать серийные дозиметры-радиометры типа СРП–68 (01), ДРГЗ–01(02), ДП–5В и др. При этом датчик прибора располагается вплотную к основанию шеи, между долями ЩЗ. Обязательным условием корректности измерения является отсутствие наружного загрязнения тела и личной одежды. Наружное радиоактивное загрязнение тела лучше всего контролировать с помощью прибора, регистрирующего бета-излучение. Содержание *J-131* в ЩЗ вычисляют по результатам как минимум двух-трех измерений.

Полученные результаты сравниваются со значениями допустимых доз облучения, приведенных в табл. 1 и 3 [12] и установленных НРБ – 2000.

Таблица 1

**Критерии для принятия неотложных решений
в начальном периоде радиационной аварии**

Нормализуемая величина	Предел дозы	
	Персонал	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год: в хрусталике глаза, коже, кистях	150 мЗв 500 мЗв	15 мЗв 50 мЗв

Если результаты превышают допустимые, то в этом случае следует осуществлять эвакуацию беременных женщин и детей в обязательном порядке, а взрослое население эвакуировать с учетом обстановки и местных условий. Учитывая опасность облучения ЩЖ лиц, находящихся в первые часы и дни после аварии в зоне высокого загрязнения воздуха *J-131*, требуется в обязательном порядке проводить йодную профилактику путем приема внутрь

лекарственных препаратов стабильного йода. Эффективность йодной профилактики в зависимости от времени приема препаратов стабильного йода представлена в табл. 2.

Таблица 2

Защитный эффект в результате проведения йодной профилактики

Время приема препаратов стабильного йода	Эффективность защиты, раз
За 6 часов до ингаляции <i>J-131</i>	100
Во время ингаляции <i>J-131</i>	90
Через 2 часа после разового поступления	10
Через 6 часов после разового поступления	2

Порядок проведения йодной профилактики должен быть выполнен в строгом соответствии с «Рекомендациями по применению препаратов стабильного йода населением для защиты ЩЗ и организма от радиоактивных изотопов йода» [6]. При проведении йодной профилактики следует учитывать, что для поддержания уровней защиты в условиях длительного поступления в организм радиоактивного йода необходим прием препарата стабильного йода в течение всего срока, когда возможно поступление *J-131*, но не более 2-х суток для беременных женщин и детей до 5-ти лет, иначе необходимо для них принимать другие меры защиты, вплоть до эвакуации. Выведение *J-131* из организма человека совершается обычными путями: почками, желудочно-кишечным трактом, слизистыми оболочками, легкими, молочными железами. Йод в моче находится исключительно в виде йодидов. *Основной способ скорейшего выведения радиоактивного йода* из организма – замещение его обычным йодом. Учитывая, что за 4 часа теряется 65 % поглощенной дозы, за 24 часа – 90 %, а за 48 часов – 92 %, задача эта представляется не такой уже сложной. Однако длительное пребывание человека в условиях зараженной *J-131* местности требует самого тщательного подхода к дозировке ежедневно вводимого стабильного йода и не должна превышать 200 мкг/сут.

Кроме назначения препаратов стабильного йода при пероральном поступлении радиоактивного йода необходимо принять адсорбенты: активированный уголь, слабительное (10 %-ный раствор тиосульфата натрия) с последующим промыванием желудка и применением очистительных клизм. В случае ингаляции радиоактивного йода назначаются отхаркивающие, лечебные ингаляции.

РЕКОМЕНДАЦИИ

по применению препаратов стабильного йода населением для защиты щитовидной железы и организма от радиоактивных изотопов йода

1. При авариях ядерного реактора происходит выброс в окружающую среду значительных количеств радиоизотопов йода. При попадании в организм радиоизотопы йода избирательно накапливаются в ЩЖ, вызывая её поражение (нарушение йодфиксирующей функции, некробиотические и атрофические изменения, бластомогенное действие). Особую радиобиологическую опасность представляют *I-131–135*. Радиоактивные изотопы йода могут поступать в организм через органы пищеварения, дыхания, раневые и ожоговые поверхности кожи. Всасывание растворимых соединений йода при указанных путях поступления в организм достигает 100 %. В ранний период после аварии опасность представляет ингаляционное поступление радиоизотопов йода. Наибольшую опасность имеет элементарное поступление радиоактивного йода при употреблении молока и молочных продуктов от животных, находящихся на выпасе на загрязнённых радиоактивным йодом пастбищах, и загрязнённых овощей, фруктов.

2. Для защиты организма от накопления радиоактивных изотопов йода в критическом органе – ЩЖ и теле применяются препараты стабильного йода. Препараты стабильного йода вызывают блокаду ЩЖ, снижают накопление радиоизотопов йода в ЩЖ и её облучение. В Республике Беларусь рекомендован и применяется йодистый калий. Своевременный прием йодистого калия обеспечивает снижение дозы облучения ЩЖ на 97–99 % и в десятки раз – всего организма. У нас в стране разработаны препараты в таблеточной форме стабилизированного йодистого калия. Дозы его применения: 0,125 г для взрослых и детей старше 2 лет; 0,040 г – для детей до 2 лет. Срок хранения таблетки 4 года. Для расширения арсенала средств защиты ЩЖ от радиоизотопов йода в дополнение к йодиду калия рекомендуются другие препараты йода: раствор Люголя и 5 %-ная настойка йода, оказывающие равное с йодистым калием защитное действие при поступлении внутрь радиоioda. Указанные препараты доступны для населения, так как почти всегда имеются в домашних аптечках. Более широкий набор препаратов йода для защиты ЩЖ от радиоизотопов йода позволит в чрезвычайных условиях осуществлять необходимые меры по обеспечению радиационной безопасности населения, находящегося в зоне радиоактивного выброса или употребляющего загрязнённые радиоактивным йодом молоко и другие продукты питания. При отсутствии йодида калия раствор Люголя и настойка йода могут его заменить.

3. Йодистый калий применяют в следующих дозах (в одном из предлагаемых вариантов): взрослым и детям от 2 лет и старше – по 1 таблетке по 0,125 г; детям до 2 лет – по 1 таблетке по 0,040 г для приема внутрь ежедневно; беременным женщинам – по 1 таблетке по 0,125 г с одновременным приёмом перхлората калия – 0,75 г (3 таблетки по 0,25 г). Настойка йода 5 %-ная применяется взрослым и подросткам старше 14 лет по 44 капли 1 раз в день или по 20–22 капли 2 раза в день *после еды* на 1/2 стакана молока или воды. Детям от 5 лет и старше 5 %-ная настойка йода применяется в 2 раза меньшем количестве, чем для взрослых, т.е. по 20–22 капли 1 раз в день или по 10–11 капель 2 раза в день на 1/2 стакана молока или воды. *Детям до 5 лет настойку йода внутрь не назначают.*

Настойка йода может применяться путем её нанесения на кожу. Защитный эффект нанесения настойки йода на кожу сопоставим с её приемом внутрь в тех же дозах. Настойка йода наносится тампоном в виде полос на предплечье, голени. Этот способ защиты особенно приемлем у детей младшего возраста (младше 5 лет), поскольку перорально настойка йода у них не применяется. Для исключения ожогов кожи целесообразно использовать не 5 %-ную, а 2,5 %-ную настойку йода. Детям от 2-х до 5-ти лет настойку йода наносят из расчета 20–22 капли в день, детям до 2-х лет – в половинной дозе, т.е. 10–11 капель в день.

Раствор Люголя применяется взрослыми и подростками старше 14 лет по 22 капли 1 раз в день или по 10–11 капель 2 раза в день после еды на 1/2 стакана молока или воды. Детям от 5 до 14 лет рекомендуется использование раствора Люголя по 10–11 капель 1 раз в день или по 5–6 капель 2 раза в день на 1/2 стакана молока или воды. Детям до 5 лет применение раствора Люголя не рекомендуется. Препараты йода применяют до исчезновения угрозы поступления в организм радиоактивных изотопов йода.

4. Для осуществления своевременной защиты населения от радиоактивных изотопов йода лечебно-профилактические учреждения создают запас йодида на всё обслуживаемое население из расчета приёма его в течение 7 дней (эффективный биологический период полувыведения) [7]. Предполагается, что за это время будет принято решение либо об эвакуации населения, либо исключено поступление радиойода в организм людей. Обеспечение населения йодистым калием, раствором Люголя и 2,5–5%-ной настойкой йода проводится через аптечную сеть, для чего в аптеках создается необходимый запас препаратов йода. Часть запасов йодистого калия медуучреждение передает в детские дошкольные учреждения, интернаты, больницы, родильные дома и т.д., где они оперативно могут быть применены.

5. Прием препаратов йода осуществляется населением самостоятельно согласно рекомендациям по их применению, для чего следует размножить в необходимых количествах памятки, которые можно получить в любой аптеке, а учреждения обеспечиваются ими заранее. Предлагаемые препараты стабильного йода не представляют опасности для организма в дозах, рекомендуемых для защиты организма от радиоактивных изотопов йода и не оказывают побочного действия для большинства населения. Однако в любом случае следует избегать передозировки препаратов, содержащих йодид калия. Во избежание передозировки (КJ) органами здравоохранения необходимо проводить разъяснительную работу через печать, радио, телевидение о показаниях к применению препаратов, порядке их применения, хранения и о поведении населения.

6. *Йодная профилактика начинается немедленно при угрозе загрязнения воздуха и территории в результате аварии ядерных реакторов, утечки или выбросов промышленными предприятиями в атмосферу продуктов, содержащих радиоизотопы йода.* После изучения радиационной обстановки специальной комиссией принимается решение о продолжении или отмене йодной

профилактики. Йодная профилактика должна быть продолжена в следующих случаях:

- при превышении объемной активности радионуклидов йода в атмосферном воздухе $1,5 \cdot 10^{-13}$ Ки/л ($5,55 \cdot 10^{-3}$ Бк/л);
- при загрязнении пастбищ радионуклидами йода свыше $0,7$ Ки/км² ($2,6 \cdot 10^{10}$ Бк/км²);
- при превышении объемной активности радионуклидов йода в молоке $1 \cdot 10^{-8}$ Ки/л ($3,7 \cdot 10^2$ Бк/л).

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Подводя итоги рассмотрения материала о микроэлементах, следует отметить, что в химический состав клетки человеческого организма входит около 100 элементов периодической системы Менделеева [7]. В природе, как известно, существует определенное равновесие. В живых организмах все элементы, включая радионуклиды, распределяются равномерно, или в организме в целом, или в отдельных органах. Микроэлементы, содержание которых в живых организмах составляет 10^5 – 10^{-12} вес. % (*Ra, U, Th, Ce* (церит), *La* и др.), называются ультрамикроэлементами. За счет естественных источников радиации, включая космогенные радионуклиды (¹⁴C и др.), средний житель планеты получает суммарную эффективную дозу приблизительно 2,4 мЗв /г, в том числе от внутреннего облучения 1,6 мЗв /г, от внешнего за счет радиоизотопов земной коры 0,45 мЗв /г и космического 0,35 мЗв /г (см. табл. 3) [7]. По подсчетам НКДАР ООН (научный комитет по действию атомной радиации) человек получает дозу: от радона – около 55 % , от калия-40 – около 13 % , от космических лучей (в основном от ¹⁴C) – 15–16 % , от других естественных источников – около 15 % . В среднем порядка 60–70 % эффективной дозы облучения, которую человек получает от естественных источников радиации, поступает в организм с пищей, водой и воздухом. В частности, около 180 мкЗв/г. (внутреннее облучение) человек получает за счет радиоактивного калия-40 , который играет существенную роль в процессе его жизнедеятельности. Причем, калий-40 содержится почти во всех пищевых продуктах (табл. 4) [8]. Примерно $\frac{2}{3}$ эффективной эквивалентной дозы облучения, которую человек получает от естественных источников радиации, обусловлены внутренним облучением. При этом одни и те же концентрации радионуклидов при внутреннем облучении более опасны, чем при внешнем.

Из всевозможных способов внутреннего облучения наиболее опасно вдыхание загрязненного воздуха, потому что взрослый человек, занятый работой, потребляет в сутки воздуха приблизительно 20 м^3 , а воды всего 2 литра. Заметим также, что радиоактивные вещества, непрерывно поступающие

в организм человека, быстро усваиваются и частично выводятся из него. Скорость выведения радионуклидов из различных органов различная. Для оценки скорости выведения радионуклидов из организма принят «период биологического полувыведения» (T_b) – это время, в течение которого количество данного радионуклида в органе или организме уменьшится вдвое. Так как действие радионуклида зависит и от периода полураспада ($T_{1/2}$), то было введено понятие эффективного периода полувыведения ($T_{эф}$), который определяется по формуле

$$T_{эф} = T_{1/2} \cdot T_b / (T_{1/2} + T_b). \quad (1)$$

От эффективного периода полувыведения зависит доза, которую получит пострадавший орган, а от дозы зависят последствия для всего организма. Доза в данном органе может быть рассчитана по следующей формуле:

$$D = 73 \cdot E_{эф} \cdot A_0 \cdot T_{эф} \cdot \left[1 - e^{-\left(0,693 t / T_{эф}\right)} \right], \quad (2)$$

где $E_{эф}$ – средняя энергия β – частиц, МэВ; A_0 – удельная радиоактивность; t – время нахождения радионуклида в органе или организме.

Активность (A) радионуклида ($Ku/кг$) можно определить, зная его массу (m), и наоборот. Зависимость между массой радионуклида и его активностью имеет практическое значение, поэтому представим подробный вывод этого уравнения. Известно, что масса одного грамм-моля вещества (радионуклида) численно равна его массовому числу (A_m), выраженному в граммах. С другой стороны, число атомов в одном грамм-моле равно числу Авогадро, т.е. $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. Тогда на основании пропорции, учитывая, что $A = \lambda \cdot N$ (при $t = 0$ – начало отсчета), а $\lambda = 0,693 / T_{1/2}$ (постоянная распада радионуклида), находим (m):

$$m = K \cdot A \cdot T_{1/2} \cdot A_m, \quad (3)$$

где A_m – атомная масса ; m – масса радионуклида в г; $T_{1/2}$ – период полураспада в секундах.

В этом случае $K = 2,4 \cdot 10^{-24}$ и активность будет выражена в беккерелях. Беккерель (Bk) – единица активности в СИ. Это активность такого количества радионуклида, когда за 1 с происходит в среднем 1 распад. На практике широкое распространение получила внесистемная единица активности кюри (Ku). Это активность такого количества радионуклида, в котором за 1 с происходит 37 млрд распадов. Активность в 1 Ku соответствует активности 1 грамма радия. При определении массы радионуклида по степени загрязнения территории в ($Ku/км^2$) по уравнению (3) следует использовать $K = 8,86 \cdot 10^{-14}$, учитывая, что $1 Ku = 3,7 \cdot 10^{10} Bk$. Для удобства расчета A и затем удельной

активности выражение (3) запишем в виде

$$A = l \cdot m / (A_m \cdot T_{1/2}), \quad (3a),$$

где $l = 1 / K$. Если A выражена в кюри, то $l = 1,13 \cdot 10^{13}$, а в беккерелях $l = 4,17 \cdot 10^{23}$. Зная A и используя основной закон радиоактивного распада, выраженный через активность и период полураспада, можно также спрогнозировать падение активности любого радионуклида спустя определенное время t по уравнению

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}} \quad (4)$$

или

$$\lg (A_0 / A) = t / (3,32 \cdot T_{1/2}), \quad (4a)$$

где A – радиоактивность в момент t .

Варианты задач для самостоятельной работы

1. Рассчитать общую активность и удельную активность своего организма, исходя из собственного веса (массы, кг), по уравнению (3a).

а) по космогенному радионуклиду ^{14}C (A_k), учитывая, что среднее содержание биологического углерода в организме составляет 18 % [10]. Период полураспада для углерода-14 равен 5730 лет;

Вариант 1. Рассчитать активность организма исходя из того, что 1 г углерода биологического происхождения дает 15,3 г [11] распада в минуту за счет примеси углерода-14 (радионуклид). Содержание ^{14}C в 1 г биологического углерода равно $1,6 \cdot 10^{-12}$ г;

Вариант 2. Рассчитать активность организма, исходя из того, что углерод биологического происхождения содержит $1,6 \cdot 10^{-10}$ % ^{14}C .

б) по естественным радионуклидам:

1) Рассчитать активность своего организма по радионуклиду ^{40}K (A^1), содержание (суммарное) калия в человеческом организме составляет 0,27 % [10]. Содержание ^{40}K в природном калии составляет $1,8 \cdot 10^{-3}$ %. Период полураспада ^{40}K равен $1,28 \cdot 10^9$ лет;

2) Рассчитать активность организма по радионуклидам уранового и ториевого рядов (A^2), учитывая, что в организме взрослого человека массой 70 кг, содержится в среднем [12]: урана-238 – $7 \cdot 10^{-4}$ г; урана-235 – $5 \cdot 10^{-6}$ г;

тория-232 – $7 \cdot 10^{-1}$ г; радия-226 – $2,5 \cdot 10^{-10}$ г. Периоды полураспада для этих элементов следующие: ^{238}U – $4,47 \cdot 10^9$ лет; ^{235}U – $7,04 \cdot 10^8$ лет; ^{232}Th – $1,4 \cdot 10^{10}$ лет; ^{226}Ra – $1,6 \cdot 10^3$ лет.

в) Общая активность организма равна сумме $A_{\text{K}} + A^1 + A^2 + \dots + A^{\text{Rn}}$, где A^{Rn} – активность по радону.

2. Рассчитать активность (по уравнению (3а)) одного из продуктов питания по ^{40}K ($T_{1/2} = 1,28 \cdot 10^9$ лет). Данные о содержании природного калия в продуктах питания приведены в табл. 4.

3. Рассчитать необходимую массу радиоизотопов (по уравнению (3)) для создания загрязнения в 1, 5, 10, 15 $\text{Ки} / \text{км}^2$ для радионуклидов: $J-131$ ($T_{1/2} = 8,05$ сут.); $Mn-52$ ($T_{1/2} = 271$ суток); $Sr-90$ ($T_{1/2} = 29,12$ лет); $Cs-137$ ($T_{1/2} = 30$ лет); $C-14$ ($T_{1/2} = 5730$ лет); $Pu-239$ ($T_{1/2} = 24300$ лет); $K-40$ ($T_{1/2} = 1,28 \cdot 10^9$ лет); $U-238$ ($T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ лет) [13].

4. Рассчитать падение активности (по уравнению (4а)) радионуклидов ($J-131$, $Sr-90$, $Cs-137$, $Pu-239$, $U-238$ и др.) с течением времени t , заданного преподавателем.

5. Рассчитать эффективные биологические периоды полувыведения ($T_{\text{эф}}$) (по уравнению (1)) радионуклидов организмом или отдельными органами (по заданию преподавателя). Данные для расчета приведены в табл. 5.

6. Рассчитать дозу, полученную организмом или отдельным органом от внутреннего облучения радионуклидами, представленными в табл. 5 (по уравнению (2)) (по заданию преподавателя).

7. Рассчитать эквивалентную дозу, полученную организмом от внешнего облучения радионуклидами (по заданию преподавателя) на загрязненной территории в 1, 5, 10, 15 $\text{Ки} / \text{км}^2$. При расчете учесть, что загрязнение в 1 $\text{Ки} / \text{км}^2$ эквивалентно 15 мк Р/ч, а 1 мк Р/ч создает эквивалентную дозу облучения, равную 0,05 мЗв/г.

Таблица 3

Среднегодовые эффективные дозы, получаемые человеком (мЗв) ежегодно при облучении естественным радиационным фоном

Источник излучения	Внешнее облучение	Внутреннее облучение	Полная доза
Космическое излучение	0,355	0,015	0,37
Радиоизотопы земной коры			
Калий-40	0,15	0,18	0,33
Ряд урана-238 (радон-222)	0,1	1,24 (1,1)	1,34

Ряд тория-232 (радон-220)	0,16	0,18 (0,16)	0,24
Доза естественного фона	0,8	1,6	2,4

Таблица 4

Содержание природного калия в 100 г продукта [8]

Наименование продукта	Съедобная часть, %	К (мг)
Хлеб ржаной	100	249
Хлеб пшеничный	100	138
Макароны	100	138
Горох	98	925
Молоко	100	127
Говядина	79	305
Яйца	86	135
Треска	78	361
Капуста	80	185
Картофель	75	568
Яблоки	88	98
Апельсины	75	197

Таблица 5

Радиобиологические свойства некоторых радионуклидов [7]

Радионуклид	Критический орган	Период полураспада ($T_{1/2}$) сут.	Биологический период полувыведения (T_b) сут.	$E_{эф}$ МэВ
Тритий	Все тело	$4,5 \cdot 10^3$	10	0,01
Углерод-14	Все тело	$2,0 \cdot 10^6$	10	0,054
	Жировая ткань		12	0,054
	Скелет		40	2,7
Фосфор-32	Мягкие ткани	14,3	19	0,69
	Плазма крови		0,5	0,04
	Скелет		1500	3,5
Калий-42	Все органы и ткани	0,52	30	1,6

Стронций-42	Скелет	$1,0 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^4$	1,1
Йод-131	Все тело	8,05	12	0,41
	Щитовидная железа		120	0,2
Цезий-137	Все тело	$1,1 \cdot 10^4$	110	0,59
Радий-226	Все тело (кроме почек, печени, селезенки)	$5,9 \cdot 10^5$	$8,1 \cdot 10^3$	110
	Скелет		$1,6 \cdot 10^4$	196

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Роль микроэлементов в жизни человека.
2. Основные симптомы дефицита или избытка микроэлементов в организме человека.
3. Йод как один из основных микроэлементов в организме человека.
4. Щитовидная железа и йоддефицитные заболевания.
5. Роль йодной профилактики населения в повседневной жизни.
6. Радиоизотопы йода. Влияние радиоизотопов йода на щитовидную железу.
7. Виды йодной профилактики.
8. Защитный эффект в результате проведения йодной профилактики.
9. Препараты для проведения йодной профилактики.
10. Нормы (уровни загрязнений) для проведения йодной профилактики.
11. Ультрамикроэлементы, содержащиеся в организме человека.
12. Единицы измерения удельной активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асаенок, И. С. Радиационная безопасность / И. С. Асаенок, А. И. Навоша. – Минск : Бестпринт, 2004.
2. Гергалов, В. И. Радиация, жизнь и окружающая среда / В. И. Гергалов, Е. П. Петряев. – Минск : Народная асвета, 1994.
3. Дорожко, С. В. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. В 3 ч. Ч. 3 / С. В. Дорожко, В. П. Бубнов, В. Т. Пустовит. – Минск : Дикта, 2006.
4. Ершов, Ю. А. Механизмы токсического действия неорганических соединений / Ю. А. Ершов, Т. В. Плетнева. – М. : Медицина, 1980.
5. Козлов, В. Ф. Справочник по радиационной безопасности / В. Ф. Козлов. – М. : Энергоатомиздат, 1991.
6. Краткая медицинская энциклопедия Т. 2. – М. : Советская энциклопедия, 1978.
7. Краткий справочник химика. 7-е изд. – М. – Л. : Химия, 1964.
8. Нормы радиационной безопасности (НРБ – 2000). – Минск : УП Диэкос, 2002.
9. Основы медицинской радиологии / под общ. ред. И. Б. Ушакова. – СПб. : Фолиант, 2004.
10. Подвигин, Г. П. Йод и йодная профилактика / Г. П. Подвигин. – СПб. : УМЦ, 2005.
11. Руководство по оценке доз облучения щитовидной железы при поступлении радиоактивных изотопов йода в организм человека. – М. : Энергоатомиздат, 1988.
12. Справочник по радиационной безопасности. – М. : Энергоатомиздат, 1991.
13. Человек. Медико-биологические данные. – М. : Медицина, 1977.
14. Хрунжит, В. В. Последствия заражения организма человека радиоактивным йодом (J-131) / В. В. Хрунжит, А. В. Дробаченко. – СПб. : СПб ГПМА, 1996.

Содержание

1. Микроэлементы и их роль в жизни человека	3
2. Щитовидная железа и йоддефицитные заболевания.....	8
3. Особенности воздействия $J-131$ в чрезвычайных ситуациях	12
4. Практическая часть	17
5. Контрольные вопросы.....	23
Литература.....	24

Учебное издание

Бражников Михаил Михайлович,
Кирвель Иван Иосифович

ЙОД И ЙОДНАЯ ПРОФИЛАКТИКА

Методическое пособие
для практических занятий по дисциплине
«Основы экологии и энергосбережения»

Редактор Е. Н. Батурчик
Корректор М. В. Тезина

Подписано в печать 06.07.2007.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1,4.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 250 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 1,74.
Заказ 254.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровка, 6