

## **ЛЕКЦИЯ 9. РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

**ЦЕЛЬ ЛЕКЦИИ:** изучить основные пути радиоактивного загрязнения продовольственного сырья.

### **ВОПРОСЫ ЛЕКЦИИ:**

1. Радиоактивность и ионизирующие излучения.
2. Источники и пути поступления радионуклидов в организм человека.
3. Биологическое действие радиации на организм человека.
4. Основные принципы радиозащитного питания.

### **СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ**

Радиация действительно смертельно опасна. При больших дозах она вызывает серьезные поражения тканей, а при малых может вызвать рак и индуцировать генетические дефекты, которые, возможно, проявятся у детей и внуков человека, подвергшегося облучению, или у его более отдаленных потомков.

Но для основной массы населения самые опасные источники радиации - это вовсе не те, о которых больше всего говорят. Наибольшую дозу человек получает от естественных источников радиации. Радиация, связанная с развитием атомной энергетики, составляет лишь малую долю радиации, порождаемой деятельностью человека; значительно большие дозы мы получаем от других, вызывающих гораздо меньше нареканий, форм этой деятельности, например, от применения рентгеновских лучей в медицине. Кроме того, такие формы повседневной деятельности, как сжигание угля и использование воздушного транспорта, в особенности же постоянное пребывание в хорошо герметизированных помещениях, могут привести к значительному увеличению уровня облучения за счет естественной радиации. Наибольшие резервы уменьшения облучения населения заключены именно в таких "бесспорных" формах деятельности человека.

### **ВОПРОС 1. РАДИОАКТИВНОСТЬ И ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ**

Все химические элементы состоят из атомов. Большинство атомов стабильно, что означает, что они неизменны. Но некоторые из самых тяжелых атомов распадаются и превращаются в другие. Такой распад называется "радиоактивностью".

Радиоактивность - отнюдь не новое явление; новизна состоит лишь в том, как люди пытались ее использовать. И радиоактивность, и сопутствующие ей ионизирующие излучения существовали задолго до зарождения на ней жизни и присутствовали в космосе до возникновения самой Земли.

Ионизирующее излучение сопровождало и Большой взрыв, с которого, как мы сейчас полагаем, началось существование нашей Вселенной около двадцати миллиардов лет назад. С того времени радиация постоянно наполняет космическое пространство. Радиоактивные материалы вошли в состав Земли с самого ее рождения. Даже человек слегка радиоактивен, так как во всякой живой ткани присутствуют в следовых количествах радиоактивные вещества. Но с момента открытия этого универсального фундаментального явления не прошло еще и ста лет.

Каждый радиоактивный элемент при распаде испускает определенные лучи с какой-то частотой. Эту частоту невозможно ни ускорить, ни замедлить никаким способом. Некоторые элементы распадаются быстро, другие медленно, но в любом случае это явление не подвластно человеку.

В ядре присутствуют частицы, называемые нейтронами, поскольку они электрически нейтральны. Ядра атомов одного и того же элемента всегда содержат одно и то же число протонов, но число нейтронов в них может быть разным. Атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но различающиеся по числу нейтронов, относятся к

разным разновидностям одного и того же химического элемента, называемым изотопами данного элемента. Ядра всех изотопов химических элементов образуют группу нуклидов.

Некоторые нуклиды стабильны, т.е. в отсутствие внешнего воздействия никогда не претерпевают никаких превращений.

Большинство же нуклидов нестабильны, они все время превращаются в другие нуклиды. В качестве примера возьмем атом урана-238, в ядре которого протоны и нейтроны едва удерживаются вместе силами сцепления. Время от времени из него вырывается компактная группа из четырех частиц: двух протонов и двух нейтронов (альфа-частица). Уран-238 превращается в торий-234, в ядре которого содержатся 90 протонов и 144 нейтрона. Но торий-234 также нестабилен. Его превращение происходит, однако, не так, как в предыдущем случае: один из его нейтронов превращается в протон, и торий-234 превращается в протактиний-234, в ядре которого содержатся 91 протон и 143 нейтрона. Эта метаморфоза, произошедшая в ядре, сказывается и на движущихся по орбитам электронах: один из них становится неспаренным и вылетает из атома. Протактиний очень нестабилен, и ему требуется совсем немного времени на превращение... Далее следуют иные превращения, сопровождаемые излучениями, и вся эта цепочка в конце концов оканчивается стабильным нуклидом свинца. Существует много таких цепочек самопроизвольных превращений (распадов) разных нуклидов по разным схемам превращений и их комбинациям.

При каждом таком акте распада высвобождается энергия, которая и передается дальше в виде излучения. Можно сказать, что испускаемые ядром частицы, состоящей из двух протонов и двух нейтронов, - это альфа-излучение; испускание электрона, как в случае распада тория-234, - это бета-излучение. Часто нестабильный нуклид оказывается настолько возбужденным, что испускание частицы не приводит к полному снятию возбуждения; тогда он выбрасывает порцию чистой энергии, называемую гамма-излучением (гамма-квантом). Как и в случае рентгеновских лучей (во многом подобных гамма-излучению), при этом не происходит испускания каких-либо частиц.

Весь процесс самопроизвольного распада нестабильного нуклида называется **радиоактивным распадом**, а сам такой нуклид - **радионуклидом**.

Но хотя все радионуклиды нестабильны, одни из них более нестабильны, чем другие. Например, протактиний-234 распадается почти моментально, а уран-238 - очень медленно. Половина всех атомов протактиния в каком-либо радиоактивном источнике распадается за время, чуть большее минуты, в то же время половина всех атомов урана-238 превратится в торий-234 только за четыре с половиной миллиарда лет.

## **ВОПРОС 2. ИСТОЧНИКИ И ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

Образующиеся при делении радионуклиды проникают в организм человека двумя путями:

- **внешнее облучение** - через воздействие на кожу радиоактивных веществ, находящихся в воздухе и на поверхности земли;

- **внутренне облучение** - через вдыхание загрязненного воздуха, употребление в пищу загрязненных продуктов.

Радиационный фон Земли складывается из естественных и искусственных радионуклидов.

### **1. Естественная радиация**

Основную часть облучения население земного шара получает от естественных источников радиации:

1. космическое излучение;
2. излучение от рассеянных в земной коре, воздухе и других объектах внешней среды природных радионуклидов;
3. излучение от искусственных (техногенных) радионуклидов.

Большинство из них таковы, что избежать облучения от них совершенно невозможно. На протяжении всей истории существования Земли разные виды излучения падают на поверхность Земли из космоса и поступают от радиоактивных веществ, находящихся в земной коре, естественная радиоактивность присутствует в пище и воздухе. Каждый человек в большей или меньшей степени подвергается воздействию естественного излучения, и для большей части населения это излучение является источником облучения.

Облучению от естественных источников радиации подвергается любой житель Земли, однако одни из них получают большие дозы, чем другие. Это зависит, в частности, от того, где они живут.

Нормальным для проживания человека считается уровень гамма-фона в 20 микрорентген в час. Но это весьма условно, потому что в принципе нормировать естественное излучение нельзя. Оно зависит от конкретной местности, ее рельефа: в горах, например, выше, чем на равнине. В некоторых местах земного шара, там, где залегают особенно радиоактивные породы, уровень радиации оказывается значительно выше среднего. Но многие люди живут там, где привыкли, и ничего с ними не случается. Горцы, к примеру, живут в условиях, где уровень естественной радиации в два-три раза выше среднего, а долгожителей среди них больше.

Десятки тысяч людей на Крайнем Севере питаются в основном мясом северного оленя (карибу), в котором присутствуют в довольно высокой концентрации нуклиды свинца-210 и полония-210. Эти изотопы попадают в организм оленей зимой, когда они питаются лишайниками, в которых накапливаются оба изотопа. Дозы внутреннего облучения человека от полония-210 в этом случае могут в 35 раз превышать средний уровень. А в другом полушарии люди, живущие в Западной Австралии в местах с повышенной концентрацией урана, получают дозы облучения, в 75 раз превосходящие средний уровень, поскольку едят мясо и требуху овец и кенгуру.

Вышеупомянутые нуклиды в большой степени концентрируются в рыбе и моллюсках, поэтому люди, потребляющие много рыбы и других даров моря, могут получить относительно высокие дозы облучения.

Доза облучения зависит также от образа жизни людей. Естественный радиационный фон постоянно меняется вследствие неугомонной деятельности человека, распространения технологий переработки природных продуктов, содержащих радионуклиды

Использование газа для приготовления пищи, открытых угольных жаровень - это увеличивает уровень облучения за счет естественных источников радиации.

## **2. Искусственная радиация**

Искусственные радионуклиды образуются в результате человеческой деятельности.

**Испытание ядерного оружия** - один из самых опасных источников радиоактивного загрязнения окружающей среды

## **ВОПРОС 3. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

За всю свою жизнь человек получает дозу облучения от естественных источников, и при нормальном состоянии среды обитания такое облучение не вызывает каких-либо изменений в органах и тканях человека.

Но по самой своей природе радиация вредна для жизни. Малые дозы могут “запустить” не до конца еще установленную цепь событий, приводящую к раку или к генетическим повреждениям. При больших дозах радиация может разрушать клетки, повреждать ткани органов и явиться причиной скорой гибели организма.

Повреждения, вызываемые большими дозами облучения, обыкновенно проявляются в течение нескольких часов или дней. Раковые заболевания, однако, проявляются спустя много лет после облучения - как правило, не ранее чем через одно-два десятилетия. А врожденные пороки развития и другие наследственные болезни, вызываемые повреждением генетического аппарата, по определению проявляются лишь в следующем

или последующих поколениях: это дети, внуки и более отдаленные потомки индивидуума, подвергнувшегося облучению.

Большинство тканей взрослого человека относительно мало чувствительны к действию радиации. Почки выдерживают суммарную дозу около 23 Гр, полученную в течение пяти недель, без особого для себя вреда, печень - по меньшей мере 40 Гр за месяц, мочевой пузырь - по меньшей мере 55 Гр за четыре недели, а зрелая хрящевая ткань - до 70 Гр. Легкие - чрезвычайно сложный орган - гораздо более уязвимы, а в кровеносных сосудах незначительные, но, возможно, существенные изменения могут происходить уже при относительно небольших дозах.

Конечно, облучение в терапевтических дозах, как и всякое другое облучение, может вызвать заболевание раком в будущем или привести к неблагоприятным генетическим последствиям. Облучение в терапевтических дозах, однако, применяют обыкновенно для лечения рака, когда человек смертельно болен, а поскольку пациенты в среднем довольно пожилые люди, вероятность того, что они будут иметь детей, также относительно мала. Однако далеко не так просто оценить, насколько велик этот риск при гораздо меньших дозах облучения, которые люди получают в своей повседневной жизни и на работе, и на этот счет существуют самые разные мнения среди общественности.

**Рак** - наиболее серьезное из всех последствий облучения человека при малых дозах. по крайней мере непосредственно для тех людей, которые подверглись облучению. В самом деле, обширные обследования, охватившие около 100 000 человек, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки в 1945 году, показали, что пока рак является единственной причиной повышенной смертности в этой группе населения.

Согласно имеющимся данным, первыми в группе раковых заболеваний, поражающих население в результате облучения, стоят лейкозы. Они вызывают гибель людей в среднем через десять лет с момента облучения - гораздо раньше, чем другие виды раковых заболеваний.

Самыми распространенными видами рака, вызванными действием радиации, оказались рак молочной железы и рак щитовидной железы. По оценкам НКДАР, примерно у десяти человек из тысячи облученных отмечается рак щитовидной железы, а у десяти женщин из тысячи - рак молочной железы (в расчете на каждый грэй индивидуальной поглощенной дозы).

Однако обе разновидности рака в принципе излечимы, а смертность от рака щитовидной железы особенно низка.

Рак легких, напротив, - беспощадный убийца. Он тоже принадлежит к распространенным разновидностям раковых заболеваний среди облученных групп населения.

Рак других органов и тканей, как, оказалось, встречается среди облученных групп населения реже. Согласно оценкам НКДАР, вероятность умереть от рака желудка или толстой кишки составляет примерно всего лишь 1/1000 на каждый грэй средней индивидуальной дозы облучения, а риск возникновения рака костных тканей, пищевода, тонкой кишки, мочевого пузыря, поджелудочной железы, прямой кишки и лимфатических тканей еще меньше и составляет примерно от 0.2 до 0,5 на каждую тысячу и на каждый грэй средней индивидуальной дозы облучения.

Дети более чувствительны к облучению, чем взрослые, а при облучении плода риск заболевания раком, по-видимому, еще больше. В некоторых работах действительно сообщалось, что детская смертность от рака больше среди тех детей, матери которых в период беременности подверглись воздействию рентгеновских лучей, однако НКДАР пока не убежден, что причина установлена верно.

**Генетические последствия облучения** Изучение их связано с еще большими трудностями, чем в случае рака. Во-первых, очень мало известно о том, какие повреждения возникают в генетическом аппарате человека при облучении; во-вторых, полное выявление всех наследственных дефектов происходит лишь на протяжении многих поколений; и, в-

третьих, как и в случае рака, эти дефекты невозможно отличить от тех, которые возникли совсем по другим причинам.

Около 10% всех живых новорожденных имеют те или иные генетические дефекты, начиная от необременительных физических недостатков типа дальтонизма и кончая такими тяжелыми состояниями, как синдром Дауна, хоря Гентингтона и различные пороки развития. Многие из эмбрионов и плодов с тяжелыми наследственными нарушениями не доживают до рождения; согласно имеющимся данным, около половины всех случаев спонтанного аборта связаны с аномалиями в генетическом материале. Но даже если дети с наследственными дефектами рождаются живыми, вероятность для них дожить до своего первого дня рождения в пять раз меньше, чем для нормальных детей.

#### **ВОПРОС 4. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАДИОЗАЩИТНОГО ПИТАНИЯ**

Рассматривая меры профилактики радиоактивного загрязнения окружающей среды, в том числе пищевых продуктов, необходимо отметить следующие направления работы:

- ✓ охрана атмосферного слоя Земли как природного экрана, предохраняющего от губительного космического воздействия радиоактивных частиц;
- ✓ контроль за содержанием радиоактивных элементов в воздухе, строительных материалах, воде и других объектах окружающей среды;
- ✓ соблюдение глобальной техники безопасности при добыче, использовании и хранении радиоактивных элементов, применяемых человеком в процессе его жизнедеятельности;
- ✓ исключение из употребления пищи и воды с высоким содержанием радиоактивных элементов;
- ✓ запрещение использования строительных материалов, имеющих повышенное содержание радионуклидов, при возведении жилья.

#### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Основная литература: 1.
2. Дополнительная литература: 2,3. Интернет-ресурсы - по рекомендованному списку.