

A photograph of a nuclear power plant with two large, white, hourglass-shaped cooling towers. The towers are situated behind a line of green trees. In the foreground, a body of water reflects the towers and the sky. The sky is blue with some light clouds. The text "Действие на растения радиации" is overlaid in the center of the image.

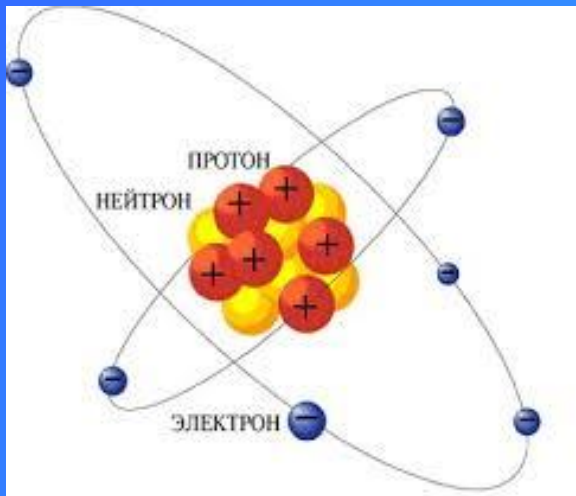
Действие на растения радиации

Радиоактивность – это самопроизвольный распад атомных ядер некоторых элементов, приводящий к изменению их атомного номера и массового числа

Ионизирующие излучения – любые излучения, взаимодействия которых со средой приводят к образованию электрических зарядов разных знаков. Видимый свет и ультрафиолетовое излучение к ионизирующим излучениям не относятся

Типы ионизирующих излучений

- **альфа (α)**-поток положительно заряженных частиц (атомов гелия), движущихся со скоростью около 20000 км/с
- **бета (β)**-поток отрицательно заряженных частиц (электронов), движущихся со скоростью света
- **гамма (γ)**-излучение – коротковолновое магнитное излучение, близкое по свойствам к рентгеновскому. Распространяется со скоростью света, в магнитном поле не отклоняется, характеризуется высокой энергией – от нескольких тысяч до нескольких миллионов электрон-вольт
- **рентгеновское излучение**, как и γ -излучение, не имеет массы и электрического заряда. γ -лучи испускаются ядром, обычно в комбинации с α - или β -эмиссией, в то время как рентгеновские лучи исходят от электронной оболочки. γ - и рентгеновские лучи имеют короткие длины волн и высокую проникающую способность

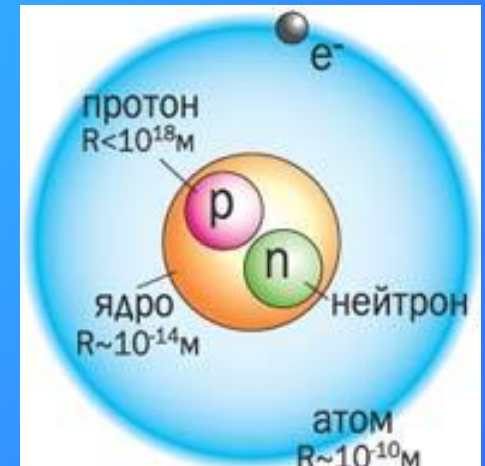


Атом состоит из ядра и окружающего его электронного "облака".

Находящиеся в электронном облаке электроны несут отрицательный электрический заряд. Протоны, входящие в состав ядра, несут положительный заряд.

В любом атоме число протонов в ядре в точности равно числу электронов в электронном облаке, поэтому атом в целом – нейтральная частица, не несущая заряда. Атом может потерять один или несколько электронов или наоборот – захватить чужие электроны. В этом случае атом приобретает положительный или отрицательный заряд и называется *ионом*.

Кроме протонов, в состав ядра большинства атомов входят *нейтроны*, не несущие никакого заряда. Масса нейтрона практически не отличается от массы протона. Вместе протоны и нейтроны называются *нуклонами* (от латинского *nucleus* – ядро).



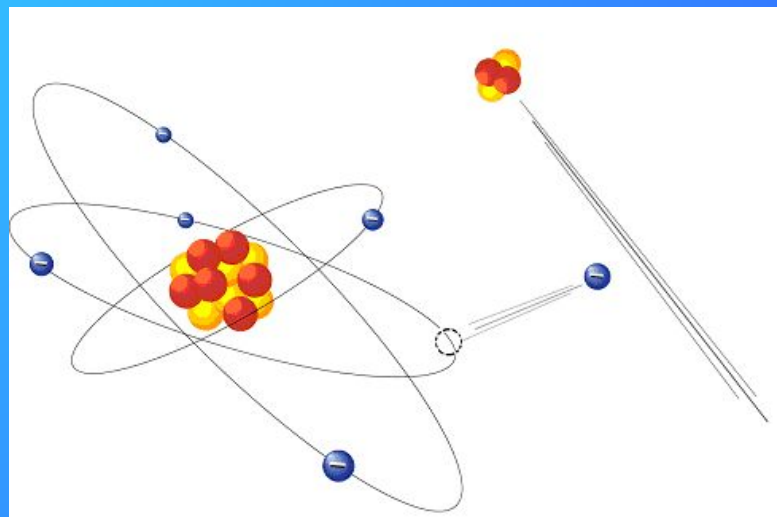
Сумма тяжелых частиц (нейтронов и протонов) в ядре атома какого-либо элемента называется *массовым числом* и обозначается буквой **A**.

$$A = Z + N$$

Здесь **A** – массовое число атома (сумма протонов и нейтронов), **Z** – заряд ядра (число протонов в ядре), **N** – число нейтронов в ядре.

Природа устроена так, что один и тот же элемент может существовать в виде двух или нескольких *изотопов*. Изотопы отличаются друг от друга только числом нейтронов в ядре (числом **N**). Поскольку нейтроны практически не влияют на химические свойства элементов, все изотопы одного и того же элемента химически неотличимы.

Нейтроны выбрасываются элементами, которые распадаются в результате самопроизвольного расщепления. В тканях нейтроны вызывают ионизацию не прямо, а путем выброса протона из ядра водородного атома и путем активации элементов через нейтронный захват, приводя в дальнейшем к γ -излучению.



- **Непосредственно ионизирующие излучение** - излучение заряженных частиц (α -, β - и др.), которые, попадая в облучаемую среду, сами ионизируют ее атомы и молекулы
- **Косвенно ионизирующие излучения** (рентгеновское, γ -, нейтронное и др.) сами не производят ионизацию, при попадании в среду они взаимодействуют с атомом (атомным ядром или электронами его оболочки), передают энергию электрону (вторичному электрону) или атомному ядру (ядру отдачи). В дальнейшем ионизацию производят вторичный электрон или ядро отдачи

Радиационный фон Земли складывается из трех основных компонентов:

- ◆ **космическое излучение**
- ◆ **естественные радионуклиды**, содержащиеся в почве, воде, воздухе и других объектах окружающей среды
- ◆ **искусственные радионуклиды**, образовавшиеся в результате человеческой деятельности (например, при ядерных испытаниях), радиоактивные отходы, отдельные радиоактивные вещества, используемые в медицине, технике, сельском хозяйстве



КОСМИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Первичное

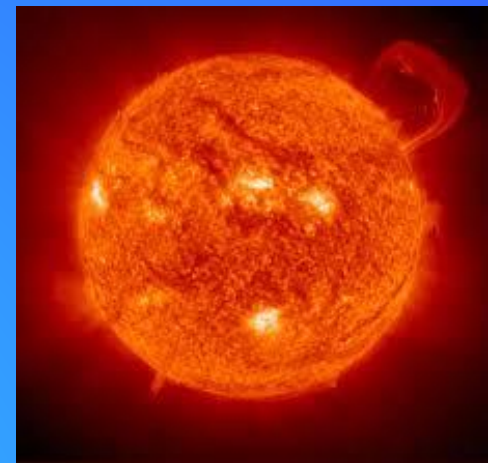
Вторичное

Первичное излучение включает:

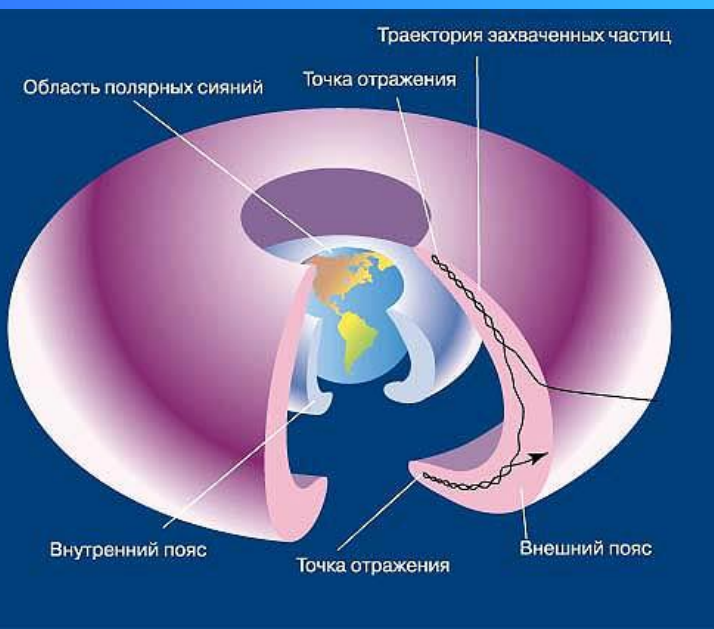
- **первичное галактическое излучение,**
- **первичное солнечное излучение,**
- **излучение заряженных частиц, захваченных магнитным полем Земли (радиационный пояс Земли).**

Первичное галактическое излучение состоит на 90% из протонов высоких энергий и на 10% – ионов гелия.

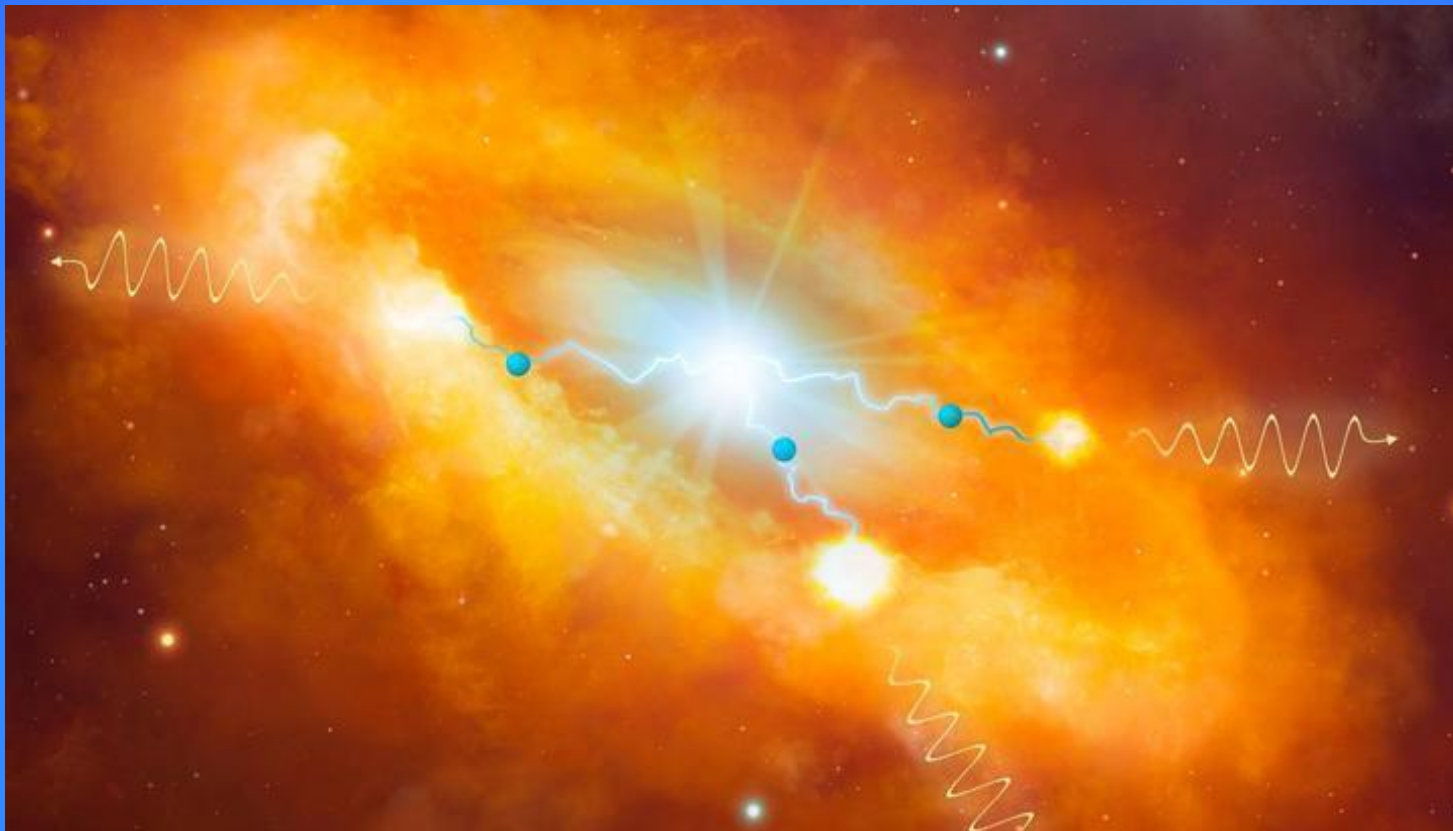
Первичное солнечное излучение происходит в виде вспышек на Солнце, что сопровождается освобождением большого количества энергии в области видимого, ультрафиолетового и рентгеновского спектров излучения. Наиболее сильные вспышки сопровождаются выбросом большого количества заряженных частиц, главным образом протонов и α -частиц.



Первичное солнечное излучение обладает относительно низкой энергией, поэтому не приводит к существенному увеличению дозы внешнего излучения на поверхности Земли.



Радиационный пояс Земли состоит из протонов и электронов с небольшим содержанием α -частиц, которые захватываются магнитным полем Земли и двигаются по спирали вокруг его силовых линий.



Вторичное космическое излучение является следствием образования космогенных радионуклидов. Последние возникают при взаимодействии частиц вторичного космического излучения с ядрами различных атомов, присутствующих в атмосфере.

Естественные радионуклиды

К естественным радионуклидам относятся космогенные радионуклиды, главным образом ^3H , ^7Be , ^{14}C , ^{23}Na , ^{24}Na и радионуклиды, присутствующие в объектах окружающей среды с момента образования Земли.

Основным источником облучения человека и загрязнения пищевых продуктов являются ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th – радионуклиды земного происхождения.

Искусственные радионуклиды

Испытание ядерного оружия – один из самых опасных источников радиоактивного загрязнения окружающей среды.



Основные источники загрязнения окружающей среды искусственными радионуклеидами

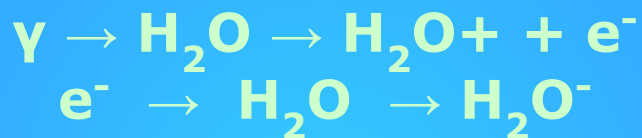
- испытание ядерного оружия
- добыча и переработка урановых и ториевых руд
- обогащение урана изотопом ^{235}U , т.е. получение уранового топлива
- работа ядерных реакторов
- переработка ядерного топлива с целью извлечения радионуклидов для нужд народного хозяйства
- хранение и захоронение радиоактивных отходов

Прямое повреждающее действие радиации на растения

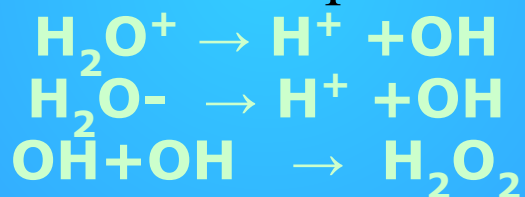
- ✓ Состоит в радиационно-химических превращениях молекул в месте поглощения энергии излучения
- ✓ Поражающее действие связано с ионизацией молекулы
- ✓ Для клетки наиболее опасно нарушение облучением уникальной структуры ДНК
- ✓ Происходят разрывы связей сахар-фосфат, дезаминирование азотистых оснований, образование димеров пиримидиновых оснований и т.д.

Непрямое повреждающее действие радиации на растения

Состоит в повреждениях молекул, мембран, органоидов, клеток, вызываемых продуктами радиолиза воды. Заряженная частица излучения, взаимодействуя с молекулой воды, вызывает ее ионизацию:



Ионы воды за время жизни 10^{-15} – 10^{-1} с способны образовывать химически активные свободные радикалы и пероксиды:



В присутствии растворенного в воде кислорода возникает также мощный окислитель HO_2 и новые пероксиды



Эти сильные окислители за время жизни 10^{-6} – 10^{-5} с могут повредить многие биологические важные молекулы, что также способствует лучевому поражению молекул и структур клетки

Гормезис - стимулирующее влияние слабых воздействий на биологические объекты различных агентов, повреждающих при больших дозах

Природный радиационный фон участвует

- в снятии покоя семян
- в увеличении прорастаемости неполноценных семян
- в делении растительных клеток и тем самым в росте и развитии проростков, их лучшем укоренении
- в ускорении синтеза как основных макромолекул растения, так и продуктов вторичного синтеза (хлорофилла, каротиноидов, антоцианов и др.)
- особое значение имеет для тенелюбивых растений, растений Севера, в условиях сокращенного светового дня

Основные этапы радиационного повреждения клеток и тканей (по Цирклю):

- 1) передача энергии ионизирующего излучения молекулам воды, образование ионов;
- 2) образование свободных радикалов;
- 3) образование пероксидов;
- 4) реакции пероксидов с геном определяющего значения;
- 5) суммирование инактиваций нескольких важных генов, ведущее к изменению состояния генома;
- 6) утрата генами способности контролировать синтез своих продуктов;
- 7) невозможность осуществления митоза.

Основные этапы радиационного повреждения клеток и тканей (Бак, Александер):

- 1) поглощение энергии ионизирующего излучения;
- 2) появление ионизированных и электронно-возбужденных молекул;
- 3) индуцирование изменений в молекулах;
- 4) развитие биохимических повреждений;
- 5) формирование субмикроскопических повреждений;
- 6) проявление видимых повреждений клеток;
- 7) гибель клетки.

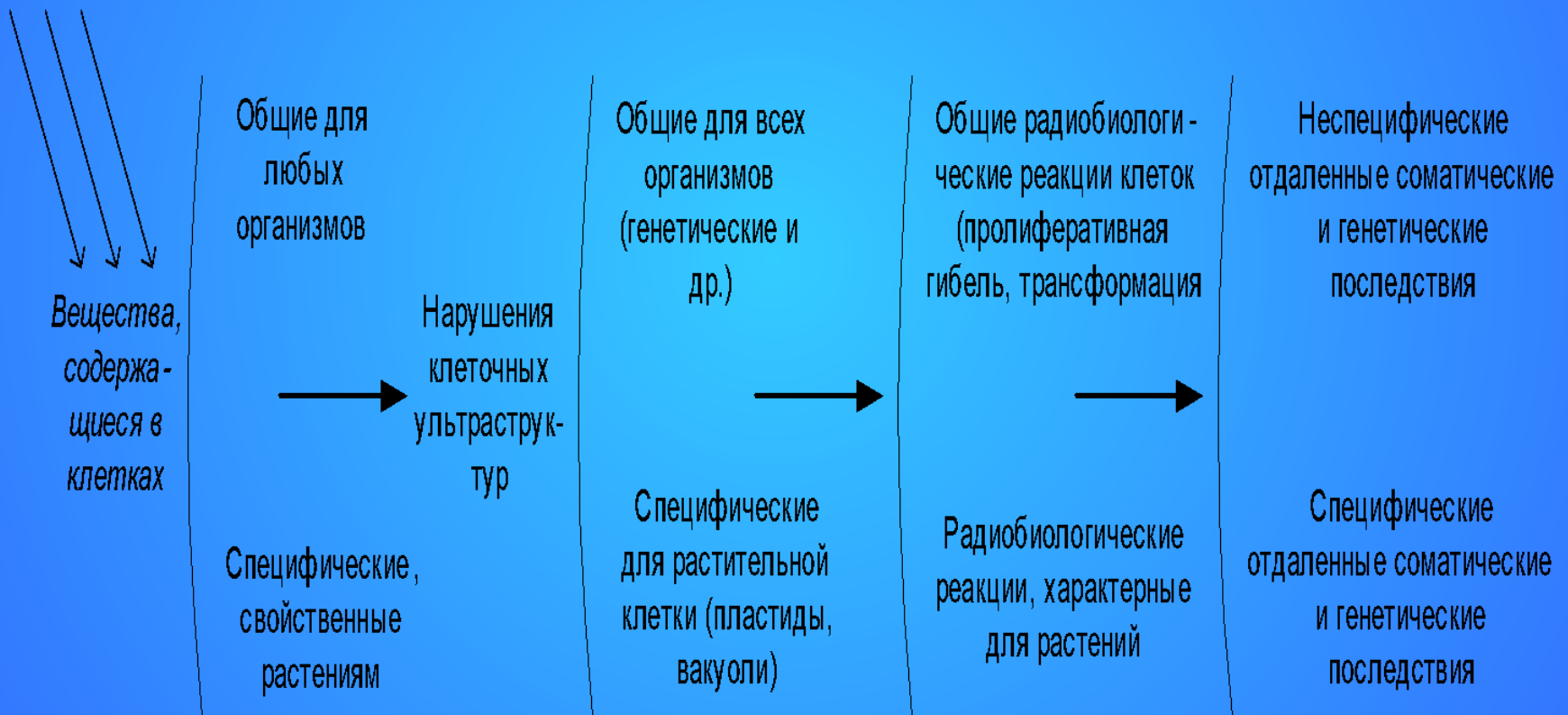
Основные этапы радиационного повреждения клетки (по Кузину, 1981)



Нарушение коррелятивных физиологических связей в растительном организме при действии ионизирующей радиации (по Гродзинскому, 1989)



Развитие радиобиологических реакций у растений (по Гродзинскому, 1989)



Механизмы устойчивости растений к действию радиации на молекулярном уровне

Степень радиационного повреждения молекул ДНК в клетке уменьшают системы восстановления ДНК, **независимые или зависимые** от света.

Системы темновой репарации (**независимой** от света), постоянно присутствующие в клетке, отыскивают поврежденный участок, разрушают его и восстанавливают целостность молекулы ДНК.

Под влиянием света ферментативным или неферментативным путем устраняются димеры пиримидиновых оснований, возникающие в ДНК при действии ультрафиолетового света или ионизирующего излучения. Это способствует уменьшению повреждений (изменений) и в хромосомах.

Клеточные механизмы устойчивости растений к действию радиации

Радиопротекторы гасят свободные радикалы, возникающие при облучении, создают локальный недостаток кислорода или блокируют реакции с участием продуктов – производных радиационно-химических процессов

Функцию радиопротекторов выполняют:

- SH-соединения (глутатион, цистеин и др.)
- восстановители (аскорбиновая кислота; ионы металлов и элементы питания)
- ферменты и кофакторф (каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза, NAD)
- ингибиторы метаболизма (фенолы, хиноны); активаторы (ИУК, ГК) и ингибиторы роста (АБК и др.)

Устойчивость к действию радиации на уровне целого растения обеспечивается:

- а) неоднородностью популяции делящихся клеток меристем**
- б) асинхронностью делений в меристемах, из-за которой в каждый данный момент в них содержатся клетки на разных фазах митотического цикла с неодинаковой радиоустойчивостью**
- в) существованием в апикальных меристемах фонда клеток типа покоящегося центра, они приступают к энергичному делению при остановке деления клеток основной меристемы и восстанавливают и инициальные клетки, и меристему**
- г) наличием покоящихся меристем типа спящих почек, они при гибели апикальных меристем начинают активно функционировать и восстанавливают повреждение**

Меры профилактики радиоактивного загрязнения окружающей среды

- охрана атмосферного слоя Земли как природного экрана, предохраняющего от губительного космического воздействия радиоактивных частиц
- соблюдение техники безопасности при добыче, использовании и хранении радиоактивных элементов, применяемых человеком в процессе его жизнедеятельности

Пути уменьшения поступления радионуклидов в продовольственное сырье

- проведение организационно-хозяйственных и технологических мероприятий
- изменение структуры посевных площадей
- мелиорация загрязненных земель, направленной на локализацию процессов миграции радиоактивных веществ
- внесение повышенных доз удобрений и извести