

## **Лекция 1: Введение в радиобиологию.**

1. Определение дисциплины.
2. Краткая история развития.
3. Связь радиэкологии с другими науками.
4. Значение для сельскохозяйственной науки и производства.

### 1. Определение дисциплины.

**Радиобиология – научная дисциплина, изучающая действие ионизирующих излучений на биологические объекты разной степени организации – от изолированной клетки до организма.**

В природе организмы подвергаются радиационному воздействию от естественных источников и от источников, связанных своим происхождением с деятельностью человека, эффекты этих воздействий и изучает радиэкология.

Доза ионизирующего излучения от естественных источников составляет порядка 1 – 5 мЗв/год (действовала на организмы и в прошлые геологические эпохи). Искусственная радиоактивность возникает при перемещении и переработке естественных радионуклидов, при авариях на предприятиях ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) и при испытаниях ядерного оружия. Мощность дозы от глобальных выпадений достигает 0,04 – 0,41 мЗв/год.

Биологическая опасность радионуклидов, находящихся в биосфере, зависит от их количества, характера излучения, периода полураспада, физического состояния в химических соединениях, в которых они заключены, способности организмов накапливать и выводить эти радионуклиды.

Радиационное воздействие выделяется из других воздействий из-за своеобразного действия на живое вещество. Ни один живой организм в процессе эволюции не приобрел рецепторов для обнаружения радиации, и нет ни одной живой системы, которая бы не подвергалась действию радиации. Радиация двояко действует на живые организмы. С одной стороны, природный радиационный фон является необходимым компонентом существования живых организмов (в отсутствие радиации организмы не смогут развиваться и эволюционировать). С другой – радиационное воздействие на живые организмы может приводить к их повреждению и гибели. Радиобиологический парадокс состоит в большом несоответствии между ничтожной величиной поглощенной энергии и крайней степенью выраженности реакций биологического объекта вплоть до летального исхода (Н.В. Тимофеев-Ресовский, 1968).

Радиэкология является частью не только экологии, но и радиобиологии, которая изучает действие ионизирующего излучения на биологические объекты разной степени организации (от изолированной клетки до организма человека).

Важнейшей особенностью действия ионизирующего излучения на биологические объекты является способность радиации влиять на их слаженные регуляторные механизмы. Именно в разрегуляции и дисфункции регуляторных процессов проявляется специфика ионизирующего излучения для открытых систем в отличие от неживых объектов. Живая открытая система, лишаясь регуляторных механизмов, необратимо утрачивает стационарное состояние (гомеостаз) и погибает. Лучевое поражение биологических объектов закономерно развивается во времени в виде периодического фазового нарушения стационарного состояния, являющегося следствием дисбаланса противоположных механизмов: усилением повреждений и репарационными процессами.

В пределах одного наземного биоценоза могут оказаться виды животных, сильно различающиеся по степени контакта с загрязненными участками, а следовательно, и с ионизирующим излучением. По этому признаку различают животных, случайно контактирующих с загрязнением, временно или постоянно.

Появление нового сильного абиотического фактора, каким является ионизирующее излучение, может вызвать значительные изменения в структуре сообществ и экологии отдельных видов. Для некоторых видов радиация губительна и они исчезают из биоценоза (среди деревьев особенно радиочувствительна сосна), другие же оказываются более устойчивыми и количество их даже возрастает. Третьи виды изменяют свою численность вследствие изменения количества двух первых видов, например хищники и паразиты, связанные с видами, которые служат им объектом питания, сократили численность под действием ионизирующего излучения, и могут выпасть из сообществ.

Радиационное поражение наземного биоценоза приводит к ослаблению входящих в него видов. Следствием этого ослабления является большая пораженность животных паразитами, например – млекопитающих – блохами и клещами-кровососами. В свою очередь, повышенная интенсивность поражения кровососами вместе с ослаблением иммунитета животных создает благоприятные условия для широкого распространения очагов трансмиссивных и других природноочаговых болезней и для оживления циркуляции вируса в существовавших очагах. Так как к природноочаговым болезням относятся такие, как чума, клещевой энцефалит, клещевой сыпной тиф и другие тяжелейшие болезни человека, надо иметь и этот аспект действия радиации на естественные биоценозы.

Объекты радиоэкология – популяции и сообщества организмов.

Основной метод радиоэкологии – строго дозированное облучение объекта тем или иным видом ионизирующей радиации (X-лучи или рентгеновские лучи, гамма-, альфа- и бета-излучение, нейтроны, протоны и др.) с последующим изучением влияния этого облучения на организмы и популяции. Основное требование к методам – применение различных критериев состояния биологических объектов и систем в связи с их облучением и применением средств модифицирующих лучевые воздействия

(радиопротекторы и другие средства защиты, радиосенсибилизаторы, радиомиметики, радиотоксины). Методы работы радиоэколога включают и анализ изменений сообществ под действием ионизирующего излучения. Это, и использование радиационных полей, создаваемых специально для изучения воздействия радиации с источниками рентгеновского или  $\gamma$ -излучения, и исследования в районах создаваемых полигонов с более высоким фоном ионизирующего излучения.

Практическое применение. Использование ядерной энергии и ядерных технологий в машино- и кораблестроении, широкое использование ионизирующего излучения в медицине, биологии, народном хозяйстве выдвигают радиобиологию в число важнейших наук естествознания.

#### Взаимосвязь радиоэкологии и радиобиологии.

Радиоэкология проводит исследования в основном в области малых доз радиации, а радиобиология – в области больших доз радиации. Лишь недавно, с переходом на молекулярный и генетический уровень, исследования радиобиологии стали охватывать и область малых доз [Криволуцкий Д.А., 1983].

#### 2. Краткая история развития радиобиологии.

В развитии радиобиологии можно выделить 3 временных этапа.

**Первый этап – с 1895 по 1922 гг.** – описательный этап, связанный с накоплением данных и первыми попытками осмысления биологических реакций на облучение.

Основные события этого этапа: открытие Вильгельмом Конрадом Рентгеном X-лучей (1895 г.), Анри Беккерелем естественной радиоактивности (1896 г.), Марией Складовской-Кюри и Пьером Кюри радиоактивных свойств полония и радия (1898 г.).

В этот период установлены два важных факта – вызываемое ионизирующим излучением торможение клеточного деления (Корнике М., 1905) и различие в степени выраженности реакции разных клеток на облучение. Впервые это было отмечено в 1903 г. Французскими исследователями И. Бергонье и Л. Трибондо. На основе исследований ими были сформулированы положения, вошедшие в историю под названием «закона» или «правила Бергонье и Трибондо». Суть этих положений состоит в том, что клетки тем более радиочувствительны, чем больше у них способность к размножению и чем менее определено выражены их морфология и функция, т.е. чем они менее дифференцированы. Уже в первое десятилетие 20-го века началось изучение действия ионизирующего излучения на эмбриогенез.

Ранние наблюдения, хотя и имели фундаментальное значение, носили описательный, качественный характер; отсутствовала какая-либо теория, объясняющая механизм действия ионизирующих излучений на живые объекты.

**Второй этап – с 1922 по 1945 гг.** – становление фундаментальных принципов количественной радиобиологии, характеризующийся стремлением связи эффектов с величиной поглощенной дозы. В этот период

обнаружено действие ионизирующих излучений на генетический аппарат клетки (Г.А. Надсон и Г.Ф. Филиппов, 1925г.; Г.Мюллер, 1927г. И др.). *Теория мишени* как формальное обобщение многих наблюдаемых явлений сформулирована английским учёным Д. Ли (1946), русским ученым Н. В. Тимофеевым-Ресовским и немецким учёным К. Циммером (1947). В 1928 г. Была введена единица экспозиционной дозы – рентген. Открытие нейтрона в 1932 г. (Чедвик) [Ярмоненко С.П., 2004].

### **Третий этап – с 1945 г. по настоящее время.**

В радиобиологии большой удельный вес занимают исследования по изучению миграции радиоактивных продуктов ядерного деления урана и плутония по биологическим и пищевым цепям. Интерес к этому направлению работ возник в начале 50-х годов и объясняется рядом обстоятельств. Как известно, в конце 40-х и начале 50-х годов проходили испытания атомного и водородного оружия, в результате которых в биосферу поступало большое количество радиоактивных продуктов ядерных взрывов. Быстрыми темпами увеличивалась зараженность почвы радионуклидами: например, плотность загрязнения почвы  $^{90}\text{Sr}$  в районе Токио в конце 1954 г. составляла  $\sim 1$  мКи/км<sup>2</sup>, а в последующие годы резко увеличивалась – в 1955 г. до 2, в 1956 г. до 5,5, а к середине 1957 г. достигла 8 мКи/км<sup>2</sup>. Академик И. В. Курчатов предупреждал: «...если и впредь испытания атомного оружия будут продолжаться в том же темпе, как сейчас, то вследствие выпадения на поверхность земли образующихся при взрыве и распространяющихся по всему земному шару радиоактивных изотопов стронция, цезия и углерода в будущем в каждом поколении будет поражено наследственными заболеваниями несколько миллионов человек». [Советские ученые об опасности испытаний ядерного оружия, 1959].

### 3. Связь радиобиологии с другими науками.

Радиобиология граничит с научными дисциплинами, исследующими биологическое действие электромагнитных волн инфракрасного, видимого и ультрафиолетового диапазонов и радиоволн миллиметрового и сантиметрового диапазонов (биологией, физиологией, цитологией, генетикой, биохимией, биофизикой и ядерной физикой).

Многогранность задач, стоящих перед современной радиобиологией, привела к развитию радиоэкологии, радиационной генетики и других разделов радиобиологии. Исследования в области радиобиологии лежат в основе практического применения ионизирующих излучений в лучевой терапии злокачественных новообразований; на их базе разработаны эффективные методы лечения лучевой болезни, они послужили теоретическим фундаментом для использования ионизирующих излучений в борьбе с сельскохозяйственными вредителями, для выведения новых сортов сельскохозяйственных растений (радиационная селекция), повышения урожая путём предпосевного облучения семян, продления сроков хранения сельскохозяйственного сырья, для лучевой стерилизации медицинских препаратов. Данные космической радиобиологии необходимы для прогнозирования и обеспечения безопасности полётов человека в космос.

Многие открытия в области радиобиологии (например, открытия радиационного мутагенеза, а также ферментов, репарирующих радиационные повреждения ДНК и др.) способствовали существенному развитию знаний об общих законах жизни.

К настоящему времени имеется большое количество фундаментальных работ и накоплен огромный фактический материал по различным аспектам биологического действия ионизирующих излучений, но, несмотря на это, на сегодняшний день мы еще не имеем единой объединяющей теории механизма их биологического действия.

Одной из причин такого положения, несомненно, является то, что решение основных вопросов радиобиологии велось в отрыве от тех общебиологических теоретических дисциплин, в области которых вторгаются эффекты биологического действия ионизирующей радиации и закономерности которых в значительной степени объясняют характер этих эффектов (Ковалев).

Как правило, авторы большинства предложенных гипотез оставляют вне поля зрения такие важнейшие проявления биологического действия ионизирующих излучений, как подавление процессов дифференцировки и иммуногенеза, канцерогенное влияние ионизирующих излучений, лечебное их действие при опухолевом росте, эффект ускорения процессов старения облученных организмов и т. д. Возможно, что именно такая широта диапазона биологического действия ионизирующих излучений – одна из причин отсутствия единой теории механизма лучевых поражений.

П. Д. Горизонтов, Э. Я. Граевский, Н. А. Краевский и другие исследователи отмечают, что отсутствие единой теории биологического действия излучений значительно затрудняет поиски средств профилактики и лечения лучевых повреждений.

#### 4. Значение радиобиологии для сельскохозяйственной науки и производства.

На основе эффектов биологического действия ионизирующей радиации радиобиология рассматривает и ведет разработку прикладных вопросов радиобиологии в виде радиационно-биологической технологии (РБТ) в животноводстве, ветеринарии и других отраслях сельского хозяйства в направлении: стимуляции хозяйственно полезных качеств у сельскохозяйственных животных, в том числе птиц, под действием малых доз внешнего облучения, стерилизации ветеринарных биологических (вакцины, сыворотки и др.) и лекарственных препаратов (витамины, антибиотики и т. д.), биологических тканей, полимерных изделий, шовных и перевязочных материалов, консервирования пищевых продуктов и обеззараживания сырья животного происхождения (шерсть, кожа, пушнина и т. д.) и отходов сельскохозяйственного производства (навозные стоки) и т. д. Наряду с этим радиобиология ведет разработку и использование методов радиоактивных изотопов в животноводстве и ветеринарии для изучения физиологии и биохимии животных, диагностики болезней и с лечебной целью, в селекционно-генетических исследованиях и т. д.

Специалисты сельского хозяйства должны знать характер биологического действия различных доз радиоактивных излучений, а зооветеринарные специалисты – уметь оценивать радиационную ситуацию, диагностировать болезни лучевых поражений, организовывать и проводить мероприятия по оказанию лечебно-профилактической помощи животным. Правильная и своевременная организация мер по определению радиационной ситуации, обработке и защите животных может предотвратить заражение радиоактивными веществами мяса, молока и другой продукции.

В Российской Федерации исследования по радиобиологии проводятся в институте биологической физики АН РФ (г. Пушкино), в Ленинградском институте ядерной физики АН РФ (г. Гатчина) и др. институтах АН РФ, а также в институтах министерства здравоохранения РФ и министерства сельского хозяйства РФ, на кафедрах многих вузов. За рубежом основные центры радиобиологических исследований: Брукхейвенская национальная лаборатория, Биологическое отделение атомного центра в Ок-Ридже и др. (США); Радиевый институт, Биологическое отделение атомного центра в Сакле (Франция); Лаборатория радиобиологии атомного центра в Харуэлле (Великобритания); институт биофизики Чешской АН (Брно); институт биофизики во Франкфурте-на-Майне, Центр ядерных исследований в Карлсруэ, институт радиационной ботаники в Гамурге (Германия); Радиобиологическое отделение атомного центра в Тромбее (Индия); Радиобиологический институт (Сиба, Япония) и многие др. В 1955 Генеральная Ассамблея ООН учредила специальный Научный комитет по действию атомной радиации (участвуют 20 стран), который собирает всю информацию о радиационной обстановке на Земле и возможных биологических последствиях облучения человека и сообщает её в регулярно представляемых ООН докладах (1958 –72).