КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ

Зарипова Ю.А.

РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Сборник лекций для студентов по направлению подготовки
«Физические и химические науки»

Алматы

СОДЕРЖАНИЕ

Лекция 1. Источники ионизирующих излучений.

Лекция 2. Основы ядерной физики.

Лекция 3. Радиоактивность.

Лекция 4. Ядерные реакции.

Лекция 5. Взаимодействие радиоактивного излучения с веществом.

Лекция 6. Физические основы дозиметрии.

Лекция 7. Методы измерения ионизирующих излучений.

Лекция 8. Стандарты и нормативные документы в области радиационного контроля.

Лекция 9. Принцип работы радиометрических приборов радиационного контроля.

Лекция 10. Принцип работы спектрометрических приборов радиационного контроля.

Лекция 11. Радиационный мониторинг.

Лекция 11. ***Радиационный мониторинг.***

Цель лекции: Сформировать у обучающихся знаний по принципам, методам и средствам проведения радиационного мониторинга объектов окружающей среды, а также с особенностями радиометрических и гамма-съёмочных исследований, направленных на обеспечение радиационной безопасности населения и контроль уровней радиоактивного загрязнения.

Введение: Обеспечение радиационной безопасности населения требует проведения постоянного радиационного мониторинга в местах его проживания. В процессе проведения радиометрических исследований выделяются аномальные участки, вызванные: радиоактивным загрязнением объектов окружающей среды; повышенным содержанием естественных радиоактивных элементов в горных породах, слагающих изучаемую территорию и находящихся в стройматериалах архитектурных сооружений и дорожных покрытий; работой различных излучающих установок; наличием радиоактивных веществ в хранилищах и специальном транспорте. По характеру распространения аномальные участки могут быть локальными (от точечных до десятков квадратных метров) и площадными (сотни и тысячи квадратных метров). Радиологические исследования – это ряд мероприятий, проводимых на объекте, с целью измерения радиационного фона (альфа-, бета и гамма-излучений, определения плотности потока радона и других радионуклидов) и выявление его отклонений от нормативных значений.

Основная часть:

Одно из ведущих мест при осуществлении его занимают радиометрические γ-съемочные исследования. В зависимости от решаемых задач, масштаба и условий изучаемых территорий γ-измерения могут выполняться в модификациях авиационной, автомобильной и пешеходной γ-съемок.

Аэрогамма-съемка – высокопроизводительный метод, позволяющий оперативно, равномерно и равноточно оценить радиационную обстановку территорий без каких-либо ограничений, обусловленных геоморфологическими особенностями местности и участками ограниченных возможностей передвижения по поверхности людей и транспорта. Высокая производительность метода позволяет использовать его при изучении тенденции изменения радиационной обстановки во времени, что особенно важно при контроле за последствиями крупномасштабных радиационных поступлений.

С учетом энергетических характеристик наиболее распространенных радионуклидов настройка дифференциальных каналов по всем блокам определялась следующими энергетическими интервалами (МэВ):

Радиометрический канал	0,2-3,0
^{226}Ra	1,61–1,90
^{60}Co	1,10–1,38
^{137}Cs	0,62–0,74

Чувствительность радиометрического канала по источнику ^{226}Ra составляет 2100 имп/с на 1 мкР/ч при 6 БДС и 1400 имп/с на 1 мкР/ч при 4. Разрешение сцинтиблоков по ^{137}Cs лежит в пределах 13,5-13,7 %.

Автогамма-съемка – достаточно производительный метод, позволяющий осуществлять изучение радиационной обстановки мест, доступных для проезда автотранспорта по проезжей части дорог, магистралей, улиц, дворов и т. п. Автогамма-съемочный метод является основным методом контроля маршрутов следования спецавтотранспорта при перевозке радиоактивных отходов. Он может выявлять участки радиоактивных загрязнений, расположенные на дорожном полотне и вблизи от проезжей части.

Конструкция используемых станций позволяет регистрировать мощность экспозиционной дозы γ-излучения по интегральному каналу в пределах 0,3-3,0 МэВ и по дифференциальным каналам автогамма спектрометрических станций в заданном диапазоне энергий, как правило, соответствующем радионуклидам, наиболее часто исполь зуемыми в народном хозяйстве и являющимися наиболее частыми источниками радиоактивных загрязнений.

Опыт работы показывает, что основными источниками радиоактивного загрязнения являются радионуклиды ^{137}Cs, ^{60}Co, ^{226}Ra. В соответствии с энергиями γ-излучения устанавливаются следующие пороги дифференциальных каналов: 0,5-0,8 МэВ цезиевый канал; 1,0-1,5 МэВ – кобальтовый канал; 1,5-1,9 МэВ – радиевый канал. Если обнаружены аномальные участки, характеризующиеся на ленте записи экстремальными резкими «пиками» на фоне флуктуации γ-поля, проводят повторные детализованные маршруты участка. Обычно минимальное значение аномалии I_{min} принимают равным $3\sigma_ф$, где $\sigma_ф$ – средняя квадратическая флуктуация фона. Зная постоянную времени самописца, можно □ценить $\sigma_ф$ и I_{min}: $(\sigma_ф)^2=N_ф/2C$, $(I_{min})2=9\ _{Nф}/2C$, где $N_ф$ – величина фона вместе с остаточным (натурным) фоном, мкР/ч; С – чувствительность детектора, имп/с на мкР/ч. По результатам контрольных наблюдений вычисляют среднюю квадратическую погрешность σ и относительную погрешность измерений δ. Средняя квадратическая погрешность не должна превышать 2 мкР/ч, а относительная погрешность измерений – 10 %.

Пешеходная радиометрическая съемка – наиболее распространенный и доступный для производства метод радиационного контроля с целью охраны окружающей среды. Решаемыми съемкой задачами являются: выявление участков радиоактивного загрязнения радионуклидами техногенного происхождения (искусственными или естественными) в пределах контролируемой, санитарно-защитной, наблюдаемой зон; оценка радиационной обстановки территорий, включающих населенные пункты и города; определение на местности и детализация аномальных участков, выявленных в результате аэро- и авто-радиометрических съемок; определение объемов работ по ликвидации и дезактивации участков радио активного загрязнения.

Программа радиационного мониторинга почвы должна включать:

• Измерение поверхностной активности цезия-137 в пробах почв, отобранных в контрольных точках. Последние должны располагаться на целинных участках местности вблизи мест проживания или хозяйственной деятельности людей. Кроме того, выбираются точки отбора проб

вблизи потенциальных загрязнителей местности: участков проведения подземных ядерных взрывов, площадей нефтедобычи, хранилищ РАО и т.д.

• Измерение удельной активности естественных радионуклидов (калия-40, радия 226, тория-232) в пробах почв, отобранных в контрольных точках.

Контрольные точки на сельхозугодьях выбираются таким образом, чтобы были опробованы все типы почв, как на лугах, так и на пахотных участках.

Радиационный мониторинг водотоков и водоемов.

Радиационный мониторинг открытых водоемов преследует следующие цели:

• Информацию о поступлении на контролируемую площадь техногенных радионуклидов с водой рек, поступающей с определенных территорий.

• Сведения о содержании техногенных радионуклидов, находящихся вблизи потенциальных загрязнителей.

• Информацию о содержании в открытых водоемах природных радионуклидов.

Пробы воды отбираются в контрольных точках, охватывающих основные реки вблизи пересечения ими контролируемой территории, а также основные озера в зависимости от степени их хозяйственного использования. Особое внимание уделяется озерам и водотокам, находящимся вблизи потенциальных загрязнителей.

Радиационный мониторинг водоемов должен включать:

• Измерение объемной активности цезия-137, стронция-90 и других техногенных радионуклидов, список которых уточняется в зависимости от типа загрязнителя.

• Измерение удельной суммарной альфа- и бета-активности и удельной активности природных радионуклидов в пробах воды. Пробы, в которых обнаружено превышение допустимого уровня активности радионуклидов в питьевой воде (0,1 Бк/кг для альфа-активности и 1,0 Бк/кг для бета-активности), подвергаются полному анализу на содержание природных радионуклидов радиохимическими методами.

Точки отбора проб в реках должны располагаться выше места поступления в реку сточных вод и ниже места их спуска, а затем в ряде населенных пунктов с постепенным удалением от источника загрязнения. При наличии течения пробы отбираются на быстринах, перекатах, водосборах, водоспусках. В реках шириной менее 100 м пробы отбираются посередине и на расстоянии 1-2 м от берегов. На более широких реках отбор проб производят через каждые 100 м и у берегов. На реках, глубина которых не превышает 3 м, пробы отбирают на глубине 0,3-0,5м. На более глубоких реках пробы отбирают через каждые 2 м глубины.

В озерах и прудах рекомендуется отбирать пробы возле устья реки или ручья, питающего водоем, у истока реки, вытекающей из озера, а также в месте спуска сточных вод. Периодичность отбора проб – до 4 раз в год (в период зимней межени, весной в паводок, в период летней межени и осенью перед ледоставом). В случае присутствия в воде искусственных радионуклидов – трития, йода, цезия, стронция и др. определяется их удельная активность.

Радиационный мониторинг атмосферного воздуха.

Радиационный мониторинг атмосферного воздуха преследует следующие цели:

- Установление средних значений удельной активности долгоживущих природных и техногенных радионуклидов в аэрозолях атмосферного воздуха.
- Установление максимальных значений удельной активности атмосферного воздуха и локализацию таких участков.
- Установление содержания долгоживущих природных бета-активных радионуклидов в атмосферном воздухе на территории населенных пунктов.

Программа радиационного мониторинга атмосферного воздуха должна включать измерение объемной активности цезия-137, стронция-90, трития и суммарной бета активности в пробах атмосферного воздуха, отобранных в контрольных точках. Контрольные точки должны выбираться вблизи мест проживания или хозяйственной деятельности людей в основных населенных пунктах.

Измерение суммарной бета-активности атмосферного воздуха проводят 1 раз в год летом в жаркую сухую погоду. Воздух прокачивают через фильтр, задерживающий все аэрозольные фракции. Сеть контрольных точек для проведения мониторинга должна быть составлена заранее. Для каждой точки готовится подробное описание с привязкой к местности и географическим координатам. По каждой точке ведется паспорт с результатами измерений за все годы.

Радиационный мониторинг должен проводиться с помощью поверенных приборов по аттестованным методикам. Для определения гамма-фона на открытой местности рекомендуется использовать дозиметры со сцинтилляционными счетчиками, обладающие наименьшей величиной нулевого фона (ДКС-1117А; ДКС-1119С; ДКС-АТ1121) и радиометры СРП-88 Н. все измерения проводятся при размещении датчика гамма дозиметра на высоте 1 м над поверхностью земли. Чтобы избежать эффект экранирования датчика телом радиометриста, датчик рекомендуется держать в вытянутой руке. При проведении измерений в населенных пунктах расстояние от прибора до ближайшего здания должно быть не менее 30 м. при проведении измерений мощности дозы гамма-излучения на уровне естественного фона погрешность может быть значительной. Чтобы избежать этого, необходимо производить не менее 6-20 измерений на каждой точке наблюдений, а затем вычислять среднее значение.

Номенклатура исследований, проводимых в рамках радиологических измерений приведен ниже:

Оперативные инструментальные измерения:

- Измерение мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения на территории и в помещениях жилых, общественных и производственных зданий и сооружений
- Поисковая гамма-съемка территории, помещений жилых, общественных, производственных зданий и сооружений
- Измерение мощности амбиентного эквивалента дозы рентгеновского, гамма- и нейтронного излучения от источника ионизирующего излучения (ИИИ); плотности потока альфа, бета и нейтронного излучения

- Радиационный контроль металлолома
- Экспрессное измерение эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона и торона, объемной активности радона в воздухе жилых, общественных и производственных помещений
- Измерение плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта

Альфа-гамма - бета - спектрометрические исследования пробы:

- Пищевой продукции и продовольственного сырья, лекарственного растительного сырья, продукции растениеводства и кормов
- Строительных материалов и изделий неорганического и органического происхождения, минерального сырья, удобрений, агрохимикатов, почвы и др. объектов внешней среды
- Воды на удельную активность радона-222
- Лесоматериалов, в т.ч. бумаги

Радиометрические измерения проб:

- Воды на суммарную альфа- и бета- активность
- Контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств и других объектов
- Определение Цезия-137 и Стронция-90 в пищевых продуктах.

Радионуклидный анализ природных вод:

- Измерение объемной активности полония -210 и свинца-210 в пробах природных вод альфа - спектрометрическим методом с радиохимической подготовкой
- Измерение объемной активности изотопов урана (234, 238) в пробах природных вод альфа - спектрометрическим методом с радиохимической подготовкой
- Измерение объемной активности изотопов радия (226, 228) в пробах природных вод гамма - спектрометрическим методом с радиохимической подготовкой

Заключение:

Радиационная безопасность населения обеспечивается системой постоянного мониторинга состояния окружающей среды. Проведение радиометрических и гамма-съёмочных исследований позволяет выявлять участки радиоактивного загрязнения и контролировать уровни радиации в почве, воде и воздухе. Использование авиационных, автомобильных и пешеходных методов съёмки обеспечивает комплексную оценку радиационной обстановки. Применение поверенных приборов и аттестованных методик гарантирует достоверность результатов. Систематический радиационный контроль является важнейшей основой защиты здоровья населения и охраны окружающей среды.

Контрольные вопросы:

1) Что понимается под радиационным мониторингом и какова его основная цель?
2) В чём заключается принцип аэрогамма-съёмки и каковы её преимущества?
3) Какие задачи решает пешеходная радиометрическая съёмка?

4) Какие показатели измеряются при радиационном мониторинге почвы, и как выбираются точки отбора проб?

5) Какие приборы и методики используются при измерении мощности дозы гамма-излучения на местности?

Список использованных источников:

1. Бетенеков Н.Д. Радиоэкологический мониторинг. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 208 с

2. Беспалов В.И. Лекции по радиационной защите. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 695 с.

3. Гурачевский В.Л. Радиационный контроль: физические основы и приборная база. – Минск: Институт радиологии, 2014. – 160 с.

4. Герменчук М.Г. Радиационный мониторинг окружающей среды. – Минск: Вышэйшая школа, 2021. – 278 с.