КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ
Физико-технический факультет
Кафедра теоретической и ядерной физики

«Радиологические измерения»

Лекция 11. Радиационный мониторинг.

и.о. доцента кафедры
теоретической и ядерной физики
PhD Зарипова Ю.А.

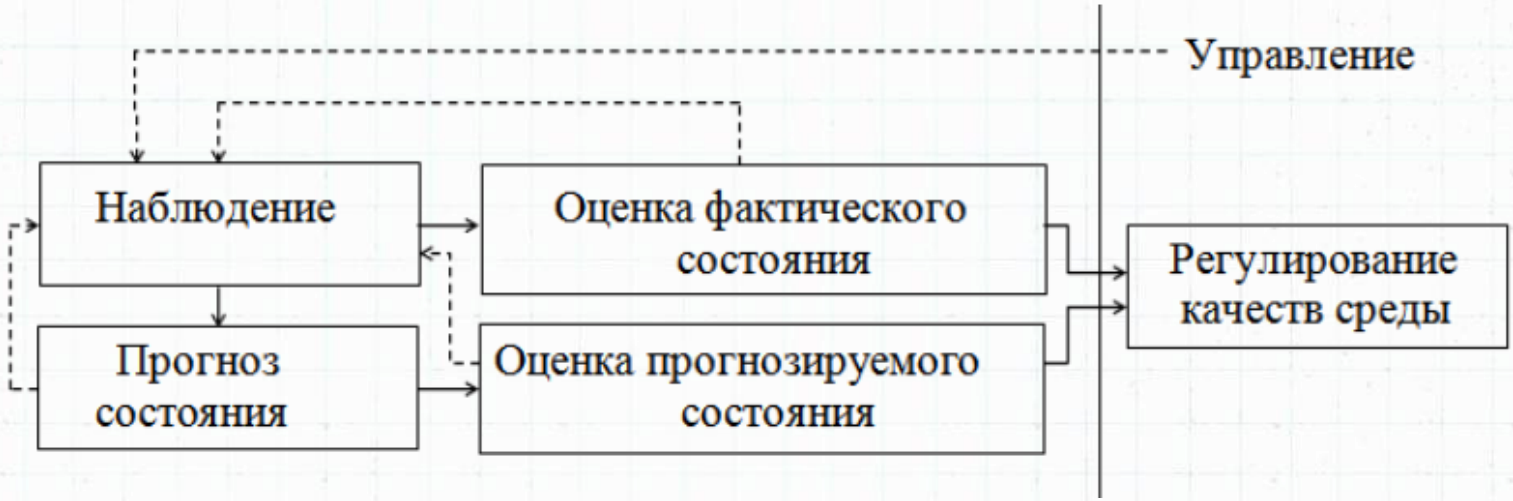
Цель лекции: сформировать у обучающихся представление о принципах, методах и средствах радиационного мониторинга окружающей среды, особенностях проведения радиометрических и гамма-съёмочных исследований, а также организации контроля радиоактивного загрязнения почвы, воды и атмосферного воздуха для обеспечения радиационной безопасности населения.

Результаты обучения:

По завершении лекции обучающийся будет способен:

1. Объяснять сущность, цели и задачи радиационного мониторинга, характеризовать основные источники радиоактивного загрязнения окружающей среды.
2. Различать методы гамма-съёмки, определять особенности и области их применения.
3. Описывать методы радиационного мониторинга почвы, воды и атмосферного воздуха, включая правила отбора и подготовки проб.
4. Характеризовать основные контролируемые радиационные показатели, применяемые приборы и методы измерений.
5. Объяснять принципы организации автоматизированных систем контроля радиационной обстановки и их роль в обеспечении радиационной безопасности.

Мониторингом окружающей среды называют систему наблюдений, оценки и прогноза антропогенных изменений состояния окружающей природной среды.



- **Предельно-допустимая доза** (дозовый предел) - значение эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которое не должно превышаться за год в условиях нормальной работы.
- **Контрольный уровень** - значение контролируемой величины - дозы, мощности дозы, радиоактивного загрязнения и т.д., устанавливаемое руководством организации по согласованию с территориальным органом госсанэпиднадзора для закрепления достигнутого в организации уровня радиационной безопасности.

В соответствии с рекомендациями Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) к объектам радиационного мониторинга отнесены:

– потенциальные источники радиоактивного загрязнения (в первую очередь радиационно- или ядерно-опасные объекты);

– окружающая среда (объекты окружающей среды, среда обитания человека, в том числе жилище, сельскохозяйственная и животноводческая продукция, пища, вода, воздух и т. д.);

– сам человек (определение доз от внешнего и внутреннего облучения и расчет суммарных дозовых нагрузок).

Источники радиационного загрязнения окружающей среды делятся на естественные (например, радон из почвы, космическое излучение) и техногенные, к которым относятся ядерное оружие, атомная энергетика, промышленные отходы, добыча полезных ископаемых и использование радиоактивных веществ в медицине и промышленности. Радиационное загрязнение происходит из-за выбросов с АЭС и других предприятий, испытаний ядерного оружия, а также от сжигания угля и использования удобрений, содержащих естественные радионуклиды.

Естественные источники

- **Космическое излучение:** Галактические и солнечные лучи, которые достигают Земли.
- **Естественные радионуклиды в земной коре:** Присутствуют в почве, горных породах и воде.
- **Радон:** Газ естественного происхождения, выделяющийся из почвы и горных пород, является одним из наиболее распространенных источников радиации, особенно в помещениях.

Т**ехногенные источники**

- **Атомная энергетика:** АЭС, предприятия по переработке ядерного топлива и ядерно-топливного цикла.
- **Испытания ядерного оружия:** Приводят к глобальному радиоактивному загрязнению атмосферы и поверхности земли.
- **Промышленность:**
  - **Добыча и переработка полезных ископаемых:** Особую опасность представляют урановые и ториевые руды, но природные радионуклиды содержатся также в угле, нефти и газе.
  - **Производство:** Некоторые виды промышленного производства, включая химическую и металлургическую, могут выделять радиоактивные вещества.
- **Сжигание угля и использование удобрений:** Уголь, торф и газ содержат природные радионуклиды, а удобрения увеличивают их концентрацию в почвах.
- **Медицина и наука:** Использование радиоактивных изотопов и источников ионизирующего излучения в диагностике, терапии и приборах технологического контроля.
- **Специальные мероприятия:** Испытания ядерного оружия, аварии на АЭС, объекты по захоронению радиоактивных отходов и другие.

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 радиоактивного загрязнения.





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.



Уаз-3909



Урал-4320



Уаз-3909



Ford-mobilab



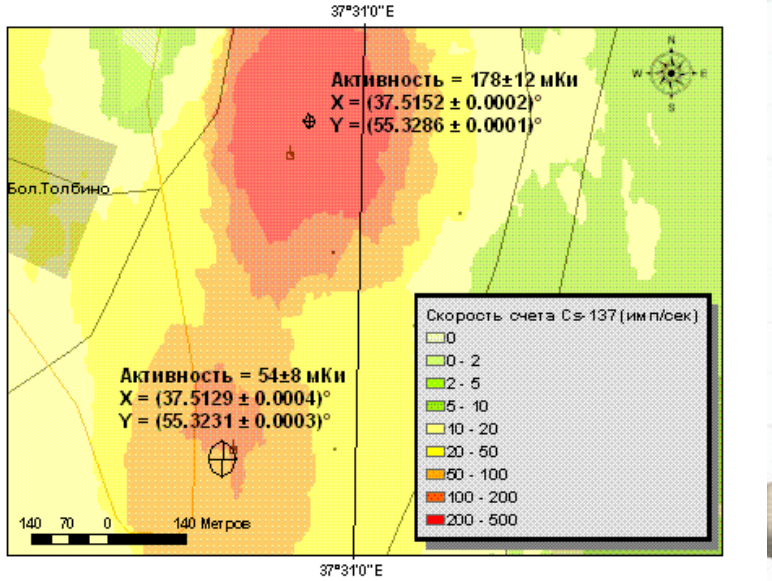
№	Направление движения	Характеристика маршрута	Расстояние, км
1.	От ЦЗЛ до КПП-4	Движение по дорогам общего пользования	13
2.	От КПП-1 до КПП-4	Движение по территории промышленной площадки	4
3.	От КПП-4 до поворота на В-10	Движение по асфальтовому покрытию	2
4.	От поворота на В-10 до ПБК	Движение по грунтовой дороге	7
5.	Вдоль ПБК до консольного сброса Т-10	Движение по грунтовой дороге	25
6.	От консольного сброса Т-10 по плотине П-11 до консольного сброса Д-5	Движение по грунтовой дороге	8
7.	От консольного сброса Д-5 вдоль ЛБК до точки Л-5	Движение по грунтовой дороге	20
8.	От точки Л-5 вдоль ЛБК до поворота на ПРК	Движение по грунтовой дороге	12
9.	От поворота на ПРК до КПП-4	Движение по асфальтовому покрытию	5
10.	От КПП-4 до КПП-1	Движение по территории промышленной площадки	4
11.	От КПП-1 до ЦЗЛ	Движение по дорогам общего пользования	13
	Общая протяженность маршрута		116

Пункты контроля: ПБК (Консольный сброс), ЛБК (Консольный сброс), ЛБК (1 км ниже П-10).
Объект контроля: вода поверхностная, уровни понизирующих излучений.
Периодичность: 1 раз в месяц.
Дополнительно по данному маршруту 4 раза в год проводится: отбор проб воды в точках водоем В-10 у в/п, водоем В-11 у в/п и 1 раз в год отбор проб почвы в точке водоем В-11 у в/п

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.





Отбор и подготовка образцов воздуха

В зависимости от длительности процесса различают экспресс, кратковременный и долговременный отбор образцов. Длительность отбора определяется главным образом применяемым методом анализа. Во многих случаях не удается мгновенным или кратковременным отбором образца получить достаточно большое количество загрязняющего вещества, необходимое для определения. При этом остается единственная возможность – долговременный отбор образца. Идеальный подход – непрерывный отбор, используемый при определении загрязняющего вещества с помощью непрерывно регистрирующего газового анализатора.

При отборе и подготовке образцов воздуха к анализу используют следующие основные методы концентрирования и разделения: *поглощение загрязняющих веществ соответствующими растворами; улавливание аэрозолей на фильтрах; улавливание загрязняющих веществ на поверхностно-активных веществах; улавливание газов и паров вымораживанием; улавливание аэрозолей с помощью электростатических уловителей.*

Отбор и подготовка проб воды

Одно из основных условий получения правильных и точных результатов анализа воды – отбор такого образца, состав которого в среднем характеризует состав всего исследуемого количества воды: образец должен содержать все компоненты в таких же массовых или объемных пропорциях, как и исследуемый источник в целом (река, водохранилище, пруд, озеро, колодец, водоочистная станция и т. п.). Погрешности, обусловленные неправильным отбором образца, исправить обычно не удается.

Вид отбора образцов – одноразовый или последовательный – зависит от целей анализа. При одноразовом отборе образцов в определенном месте отбирают образец и анализируют его отдельно (независимо от каких-либо иных образцов). Этот метод используют в тех случаях, когда результаты такого однократного анализа достаточны для получения требуемых данных о качестве исследуемой воды (например, для подземной воды на значительных глубинах, где вода имеет относительно стабильный состав).

Известны два основных типа образцов воды: простой, или точечный, образец (получается в результате отбора всего требуемого объема воды в один прием) ; объединенный, смешанный, или средний образец (получается в результате объединения нескольких точечных образцов, отобранных в разных местах или в разные временные периоды).

Отбор и подготовка проб воды

Радиационный мониторинг водоемов должен включать:

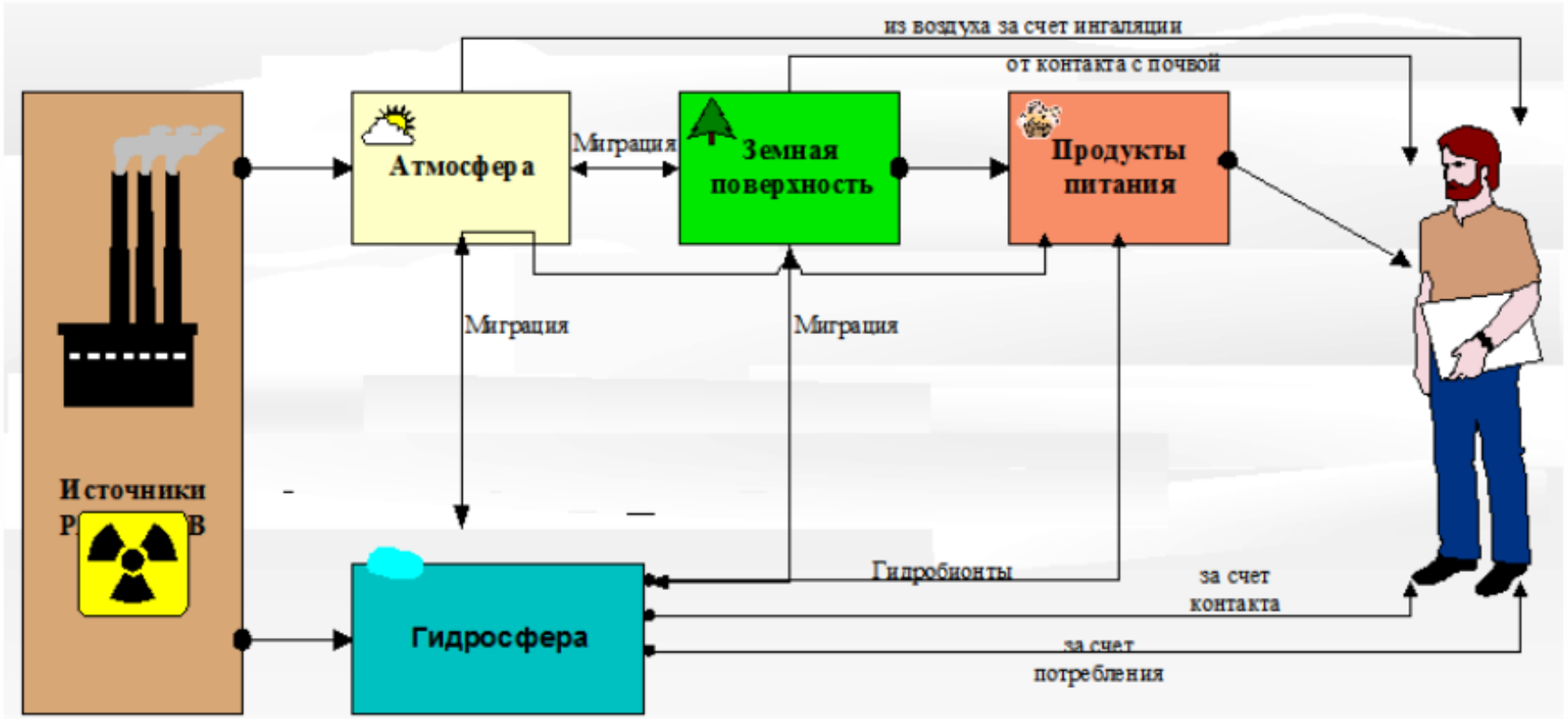
- Измерение объемной активности цезия-137, стронция-90 и других техногенных радионуклидов, список которых уточняется в зависимости от типа загрязнителя.
- Измерение удельной суммарной альфа- и бета-активности и удельной активности природных радионуклидов в пробах воды. Пробы, в которых обнаружено превышение 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.

Отбор и подготовка образцов почвы

Образцы почвы отбирают с помощью специальных зондов, достигающих глубины 20 см, причем для составления одного среднего образца почву зондируют не меньше 30 раз. Если исследуется поверхностное загрязнение почвы, то отбирают образцы из верхнего слоя (до глубины 5 см). Из среднего образца почвы (массой около 1,5 кг) удаляют камни и другие ненужные примеси (корни, солому и т.п.). Затем почву высушивают на фильтровальной бумаге на открытом воздухе. Далее образец размельчают и в размельченном виде просеивают через сито (обычно с размером ячеек около 2 мм).

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.


из воздуха за счет ингаляции
от контакта с почвой
Атмосфера
Миграция
Земная поверхность
Продукты питания
Миграция
Миграция
Источники
Гидробионты
за счет контакта
Гидросфера
за счет потребления

Водные сбросы

Несмотря на большое число «технологических барьеров», нельзя полностью исключить вероятность попадания радионуклидов в водные сбросы АЭС. На основании детального анализа радионуклидного состава сбросов АЭС с легководными реакторами, эксплуатирующимися в США, было идентифицировано более 60 нуклидов. Чаще обнаруживались: **Na-24, Cr-51, Mn-54, Fe59, Co-58,60, Zn-65, Sr-89,90, Mo-99, Ag-110m, I-131,133, Cs-134,137, Ba-140, Ce-144, Np-239**, а также **тритий**. Указанные радионуклиды характерны и для отечественных АЭС. Вместе с тем наблюдается большой разброс данных о величине сброса отдельных радионуклидов на разных реакторах, а также на одном и том же реакторе, но в разное время.

Газоаэрозольные выбросы

Радиоактивные выбросы АЭС в атмосферу могут включать: инертные радиоактивные газы – **ксенон, криптон, аргон**; радиоактивные аэрозоли (дисперсную систему, состоящую из твердых или жидких частиц, распределенных в воздушной среде, которые могут переносить практически любые радионуклиды, образующиеся в ядерном реакторе); радионуклиды, распределенные между газовой или аэрозольной фазами (иод, тритий).

Автоматизированная система контроля радиационной обстановки

Основным средством осуществления радиационного мониторинга является автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО). АСКРО может функционировать в различных режимах:

1. режим повседневной деятельности,
2. режим повышенной готовности,
3. аварийный режим.

Система включает в себя следующие компоненты:

- ✓ система стационарных постов радиационного контроля, соединенных линиями связи с пунктом сбора и обработки информации;
- ✓ воздушный комплекс радиационной разведки - самолеты и вертолеты, оборудованные соответствующими приборами;
- ✓ наземный комплекс радиационной разведки - передвижные посты радиационного контроля, оборудованные на микроавтобусах и легковых автомобилях;
- ✓ надводный (подводный) комплекс радиационной разведки - суда и батискафы, оборудованные приборами для регистрации радиационного излучения.

Центральный пост контроля (ЦПК)

УМКПИ-01Д
автоматизированное рабочее место

Пост контроля. Тип 1

УДГП-01
установка радиометрическая

ДБГ-С13Д
блок детектирования гамма-излучения

АФУ
антенно-фидерные устройства

ИБП
источник бесперебойного питания

Пост контроля. Тип 2

ДБГ-С13Д
блок детектирования гамма-излучения

АФУ
антенно-фидерные устройства

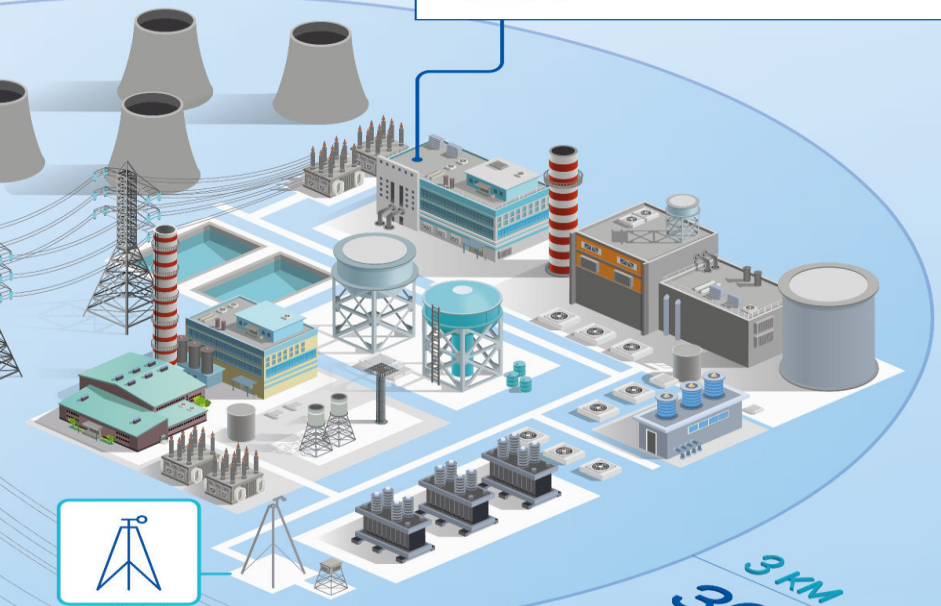
ИБП
источник бесперебойного питания

Пост контроля. Тип 3

ДБГ-С13Д
блок детектирования гамма-излучения

ИТ
информационне табло

АФУ
антенно-фидерные устройства



3 км
ЗОНА 1

>3 км
ЗОНА 2

>30 км
ЗОНА 3

Резервный ЦПК

УМКПИ-01Д
автоматизированное рабочее место

АСКРО радиационно опасных предприятий на примере АСКРО АЭС

Радиационный мониторинг на территории РК

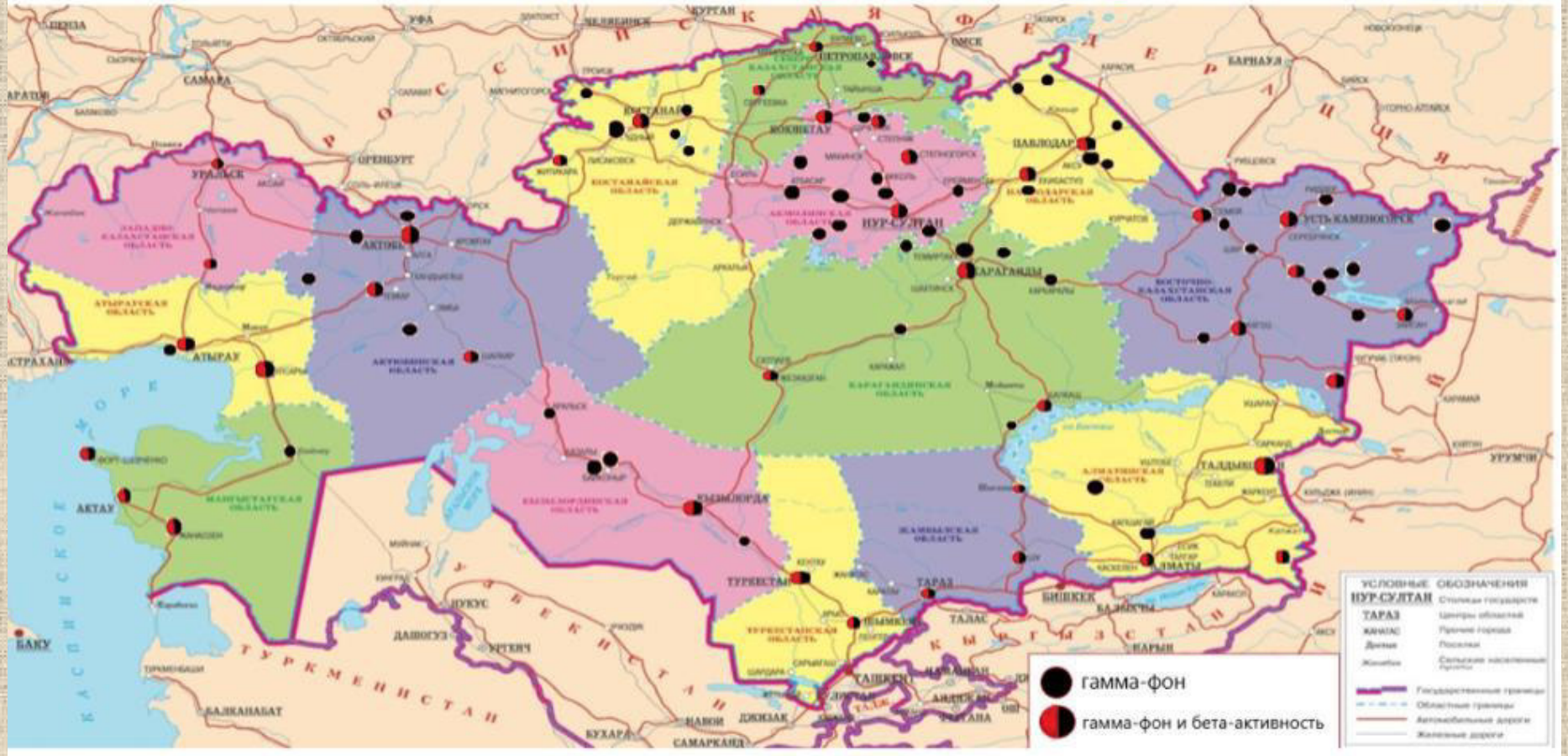


Схема расположения метеостанций за наблюдением уровня радиационного гамма-фона и плотности радиоактивных выделений на территории Республики Казахстан

Выводы:

1. Радиационный мониторинг представляет собой систему систематических наблюдений и измерений, направленных на оценку радиационной обстановки, выявление радиоактивного загрязнения и обеспечение безопасности населения.
2. Методы гамма-съёмки обеспечивают выявление и исследование радиационных аномалий на территориях различного масштаба.
3. Радиационный мониторинг почвы, воды и атмосферного воздуха включает отбор и подготовку проб, определение содержания природных и техногенных радионуклидов и оценку уровней радиоактивного загрязнения.
4. Достоверность результатов радиационного мониторинга обеспечивается правильным выбором контрольных точек, применением поверенных приборов и аттестованных методик измерений.
5. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки обеспечивают непрерывное наблюдение за радиационными показателями и своевременное выявление изменений радиационной обстановки.

Вопросы для самопроверки:

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?

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

