

Радиационная безопасность территории

Лекция № 10

Нормирование техногенных радионуклидов

**Лащёнова Татьяна Николаевна
Д-р биол.наук, канд.хим. наук,
Профессор экологического факультета РУДН**

При оценке радиационной обстановки территории руководствуются основными факторами:

1. Природным радиационным фоном, создаваемым естественными радионуклидами (ЕРН) и космической радиацией (МЭД ГИ).
2. Техногенно-измененным природным радиационным фоном, обусловленным возведением зданий на территориях с повышенным уровнем радоновыделения и использованием в строительстве, производственной деятельности и быту материалов с повышенным содержанием ЕРН.
3. Техногенной деятельностью на территории региона:
 - предприятий ядерно-энергетического комплекса и атомной промышленности;
 - наличием на территории региона пунктов временного хранения радиоактивных материалов и пунктов захоронения радиоактивных отходов;
 - последствиями радиоактивного загрязнения территории в результате подземных ядерных взрывов, испытаний ядерного оружия, радиационных аварий.
- 4 Вкладом медицинских (рентгенорадиологических) процедур.

V. Требования к ограничению облучения населения

5.1.1. Радиационная безопасность населения достигается путем ограничения воздействия от всех основных видов облучения (п. 1.3) источники ионизирующего излучения:

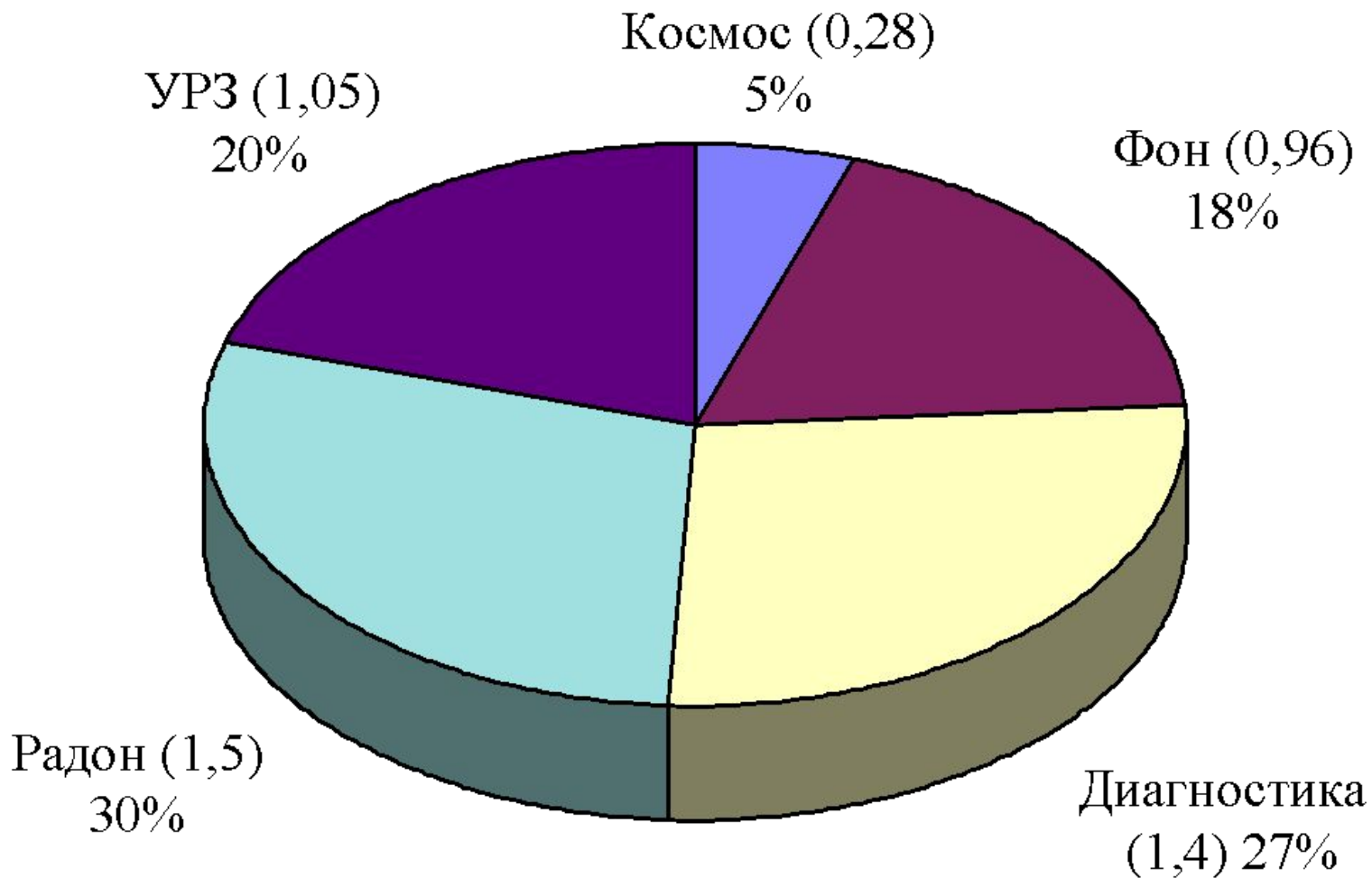
- *- техногенные источники за счёт нормальной эксплуатации техногенных источников излучения;*
- *- техногенные источники в результате радиационной аварии;*
- *- природные источники;*
- *медицинские источники.*

Возможности регулирования разных видов облучения существенно различаются, поэтому регламентация их осуществляется отдельно с применением разных методологических подходов и технических способов.

5.1.2. В отношении всех источников облучения населения следует принимать меры как по снижению дозы облучения у отдельных лиц, так и по уменьшению числа лиц, подвергающихся облучению, в соответствии с принципом оптимизации.



Доля вклада различных факторов в облучение жителя Московского региона (мЗв)



РАДИОЭКОЛОГИЯ

Лекция № 9. Часть 2

Радиоактивность окружающей среды

Техногенные радионуклиды в окружающей среде

**Лащёнова Татьяна Николаевна
Д-р биол.наук, канд.хим. наук,
Профессор экологического факультета РУДН**

Источники поступления техногенных радионуклидов в окружающую среду



Загрязнение окружающей среды при ядерных взрывах

• ядерный взрыв

• **ПРОДУКТЫ ДЕЛЕНИЯ**

• **ПРОДУКТЫ ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА**

• **ПРОДУКТЫ НЕЙТРОННОЙ АКТИВАЦИИ**

1. ИСПЫТАНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

- **США (1054 взрывов, основная масса штат Невада и Маршалловы острова)**
- **Советский Союз (715 взрывов, основная масса Семипалатинск и Новая Земля)**
- **Франция (210 взрывов, острова Полинезии и пустыня Сахара)**
- **Китай (45)**
- **Великобритания (45, Австралия, острова Монте-Белло)**
- **Индия (6) Пакистан (6) КНДР (2).**

Всего в мире в период с 1945 до 1998 гг. проведено 2053 ядерных взрыва.

2. ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

Проводились в период с 1965 по 1988 год в рамках секретной «Программы № 7».

- Осуществлением программы занимались специалисты двух секретных ядерных центров: «Арзамас-16» (Саров) и «Челябинск-70» (Снежинск).
- Всего в СССР было проведено до 186 мирных ядерных взрыва в интересах народного хозяйства (в том числе 117 — вне границ ядерных полигонов).
- Подорвано около 186 ядерных устройств

Аналогом данной программы в США был проект «Плаушер», запущенный в 1957 и свёрнутый в 1973 году

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

Номенклатура «мирных» подземных ядерных взрывов:

- Глубинное сейсмическое зондирование земной коры, для выявления залежей полезных ископаемых — 39 взрывов;**
- Создание подземных ёмкостей — 42 взрыва;**
- Интенсификация добычи нефти и газа — 21 взрыв;**
- Работы по дроблению руды - 2 взрыва;**
- Работы по перекрытию скважин газовых фонтанов — 5 взрывов;**
- Выемка и перемещение огромных объёмов породы и грунта — 6 взрывов;**
- Образование провальных воронок — 3 взрыва;**
- Захоронение жидких токсичных отходов — 2 взрыва;**
- Предупреждение внезапных выбросов угольной пыли и метана — 1 взрыв;**

Реальная радиозэкологическая обстановка в местах проведения ядерных взрывов в мирных целях

- Взрывы ядерных устройств в мирных целях способствуют радиоактивному загрязнению подземных вод, нефти, и ощутимому экологическому ущербу, перекрывающему все полученные выгоды, например, от повышения добычи нефти.
- Исследования в Республике Саха (Якутия) показали, что реальная радиозэкологическая обстановка на территориях МЯВ далека от представленной в официальной прессе.
- В районе МЯВ «Кристалл» (около пос. Удачный) содержание плутония - 239,240 в почвах составляет от 0,006 до 35,5 Бк/г, что сопоставимо или даже выше, чем загрязнение почв плутонием в районе ЧАЭС.
- Плутоний обнаруживается также в коре мёртвых деревьев, ягеле, лосином помёте.
- И всё это наблюдается на фоне близкой к нормальной для региона МЭД по гамма - излучению.

3.Эксплуатация объектов Ядерного топливного цикла (ЯТЦ)

ЯТЦ включает в себя взаимосвязанные производства:

- добыча урановой руды, ее переработку с получением урановых концентратов и гексахлорида урана;
- разделение изотопов (обогащение) урана;
- изготовление тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов);
- производство тепловой и электрической энергии на АЭС;
- регенерацию отработанного ядерного топлива на радиохимических заводах: хранение, обработку и захоронение отходом высокой и низкой удельной активности;
- транспортировку топлива и радиоактивных отходов между различными предприятиями ЯТЦ;
- демонтаж ядерных установок.

Добыча урановой руды, ее переработка

- Урановые руды добываются открытым и подземным способами. Полученная руда подвергается предварительной обработке, измельчению, выщелачиванию.
- Возможные негативные экологические последствия этой стадии ЯТЦ связаны с поступлением в природную среду жидких, твердых и газообразных радиоактивных отходов (РАО), содержащих естественные радиоактивные вещества — уран и дочерние продукты его распада.
- На каждые 200 т извлеченного урана (это годовая потребность АЭС мощностью 1 Гвт) образуется 100 тыс. т РАО, накапливающихся в хвостохранилищах.
- Они представлены в основном природными радием-226 и торием-230 с периодами полураспада в десятки тысяч лет, долгоживущими изотопами урана с периодом полураспада в сотни миллионов лет.
- Основными являются твердые отходы — отвалы пустых пород, хвостохранилища гидromеталлургических заводов, склады забалансовых руд.
- Из рудников вместе с вентиляционным воздухом в атмосферу выбрасывается радон-222 и радиоактивная пыль с радиоактивными аэрозолями.
- Жидкие РАО поступают с откачиваемыми подземными водами, жидкой фазой хвостов рудничной пульпы.

Эксплуатация АЭС

- На АЭС энергию для превращения воды в пар получают путем расщепления ядер урана, плутония, тория в ядерном реакторе.
- В нем проводят управляемую цепную реакцию, при которой допускается расщепление ровно такого количества ядер, которое требуется для выработки электроэнергии.
- При распаде каждого уранового ядра испускается от двух до трех нейтронов.
- Для предотвращения распада излишнего числа ядер и выделения слишком большого количества энергии, обеспечения равномерности выработки электроэнергии применяются специальные вещества (кадмий, бор), которые поглощают нейтроны в нужном количестве.

Выбросы при эксплуатации АЭС

- Газообразные отходы АЭС складываются из выбросов летучих веществ (третия, радиоактивных изотопов ксенона, криптона, йода) и аэрозолей.
- Остальные радионуклиды — осколки деления ядер, продукты активации и др. присутствуют в газовых выбросах в виде аэрозолей. Газовые выбросы в атмосферу предварительно очищаются от радионуклидов.
- Объемы жидких отходов, образующихся на АЭС, могут достигать 100 тыс. м³/год на энергоблоке с реактором РБМК-1000 и 40 тыс. м³/год на энергоблоке с реактором ВВЭР-440 и ВВЭР-1000.
- Объем твердых отходов ежегодно достигает на АЭС 2000—3000 м³. В основном это отработанное топливо. Ежегодно заменяют примерно 1/3, действующих ТВЭЛов новыми.
- Годовая эквивалентная доза для сотрудников АЭС составляет 4,4 мЗв.
- Для местного населения она равна примерно 0,02 мЗв/год. Для сравнения: фоновое излучение составляет 2 мЗв/год.
- Для каждой АЭС регламентируются предельно допустимые выбросы в зависимости от размера санитарно-защитной зоны, высоты вентиляционной трубы и усредненных метеорологических условий в районе работы АЭС.

Переработка отработанного топлива АЭС

Примерно 10% использованного на АЭС ядерного топлива направляется на переработку для извлечения урана и плутония с целью повторного использования.

Технология регенерации топлива заключается в выделении радиоактивных отходов и пригодного для повторного использования топлива.

Свыше 99% продуктов деления попадает в высокоактивные отходы.

Радиохимические заводы относятся к наиболее опасным стадиям ЯТЦ.

Радиационные аварии при мирных ядерных взрывах

При этом официально по данным ВНИПИпромтехнология Минатома некоторые взрывы сопровождались авариями, при которых произошла утечка продуктов радиоактивного распада в окружающую среду.

Обширное загрязнение территории произошло в 4 случаях:

- в Ивановской области («Глобус-1» и «Тайга»),
- в Якутии («Кратон-3» и Кристалл).

По данным ЦНИИАтоминформ Минатома к 1994 году (то есть спустя 20—30 лет после проведения МЯВ) в 24 случаях из 115 остались «локальные надфоновые загрязнения вокруг скважин»

Аварийные ситуации на объектах ядерного топливного цикла (ЯТЦ), АЭС и в народном хозяйстве

- Аварии на предприятиях ЯТЦ: Челябинск-40 и другие;**
- Аварии на объектах атомной энергетики (Чернобыль, Фокусима и другие);**
- Сброс радиоактивных отходов в моря и реки;**
- Аварийные ситуации на морских и воздушных судах, атомных подводных лодках (АПЛ);**
- Аварийные ситуации на искусственных спутниках Земли;**

«Кыштымская авария» или Восточно-уральский радиоактивный след

Первая в СССР радиационная чрезвычайная ситуация техногенного характера, возникшая 29 сентября 1957 года на химкомбинате «Маяк», расположенном в закрытом городе Челябинск-40.

Авария и получила название «кыштымской» по ближайшему к Озёрску городу Кыштыму.

Для предотвращения разноса радиации в 1959 году решением правительства была образована санитарно-защитная зона на наиболее загрязнённой части радиоактивного следа, где всякая хозяйственная деятельность была запрещена, а с 1968 года на этой территории образован Восточно-Уральский государственный заповедник.

В атмосферу было выброшено около 20 млн Кюри радиоактивных веществ.

Часть радиоактивных веществ были подняты взрывом на высоту 1—2 км и образовали облако, состоящее из жидких и твёрдых аэрозолей.

В течение 10—11 часов радиоактивные вещества выпали на протяжении 300—350 км в северо-восточном направлении от места взрыва (по направлению ветра) при ширине 5—10 километров.

На этой площади почти в 20 тысяч км² проживало около 270 тысяч человек, из них около 10 тысяч человек оказались на территории с плотностью радиоактивного загрязнения свыше 2 кюри на квадратный километр по стронцию -90 (T_{1/2} 28,8 года) и 2100 человек — с плотностью свыше 100 кюри на квадратный километр.

Социально-экологические последствия аварии

СЭП оказались очень серьёзными.

В зоне радиационного загрязнения оказалась территория нескольких предприятий комбината «Маяк», военный городок, пожарная часть, колония заключённых и далее территория площадью 23 000 км² с населением 270 000 человек в 217 населённых пунктах трёх областей: Челябинской, Свердловской и Тюменской.

90 % радиационных загрязнений выпали на территории химкомбината «Маяк», а остальная часть рассеялась дальше.

В результате аварии радиоактивному загрязнению подверглись водоёмы, пастбища, леса и пашни.

5.2. Ограничение техногенного облучения в нормальных условиях

5.2.1. Годовая доза облучения населения не должна превышать основные пределы доз (табл. 3.1).

- Указанные пределы доз относятся к средней дозе критической группы населения, рассматриваемой как сумма доз внешнего облучения за текущий год и ожидаемой дозы до 70 лет вследствие поступления радионуклидов в организм за текущий год.**

5.2.2. При воздействии на население нескольких техногенных источников федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор, устанавливаются величины воздействия для каждого источника с целью соблюдения основных пределов доз, указанных в таблице 3.1.

5.2. Ограничение техногенного

облучения в нормальных условиях

5.2.3. Облучение населения техногенными источниками излучения ограничивается:

- путем обеспечения сохранности источников излучения,**
- контроля технологических процессов и ограничения выброса и сброса радионуклидов в окружающую среду,**
- а также другими мероприятиями на стадии проектирования, эксплуатации и прекращения использования (вывода из эксплуатации) источников излучения.**

5.2.4. Допустимые значения содержания природных и техногенных радионуклидов в пищевых продуктах и воздухе приведены в Приложении 2 НРБ-99/2009

Допустимые значения содержания природных и техногенных радионуклидов для питьевой воде (Уровни вмешательства) приведены в Приложении 2а НРБ-99/2009.

соответствующие пределу дозы техногенного облучения населения 1 мЗв/год и квотам от этого предела;

Основные пределы доз

Таблица 3.1 НРБ-99/2009

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	персонал (группа А)**	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза***	150 мЗв	15 мЗв
коже****	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

Примечания:

- *** Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.**
- **** Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни воздействия персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А. Далее в тексте все нормативные значения для категории персонал приводятся только для группы А.**
- ***** Относится к дозе на глубине 300 мг/см².**
- ****** Относится к среднему по площади в 1 см² значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/см² под покровным слоем толщиной 5 мг/см². На ладонях толщина покровного слоя - 40 мг/см². Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см² площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает непревышение предела дозы на хрусталик от бета-частиц.**
- **Регламентируемые значения основных пределов доз облучения не включают в себя дозы, создаваемые естественным радиационным и техногенным измененным радиационным фоном, а также дозы, получаемые гражданами (пациентами) при проведении медицинских рентгенорадиологических процедур и лечения.**
- **Указанные значения пределов доз облучения являются исходными при установлении допустимых уровней облучения организма человека и отдельных его органов.**

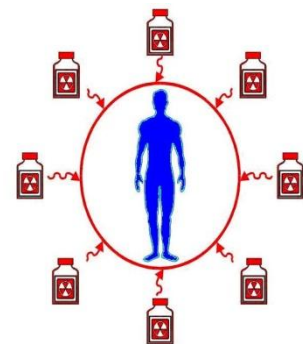
- Главный показатель контроля по радиационному фактору – дозовая нагрузка на население, составляющая 1мЗв в год.
- Этот дозовый предел складывается из дозы внешнего и внутреннего облучения.
Для расчета дозы внешнего облучения измеряют гамма-излучения на территории облучения.
Для расчета дозы внутреннего облучения определяют удельное содержание радионуклидов в объектах окружающей среды

Гигиенические критерии безопасности при эксплуатации радиационно-опасных объектов от техногенных загрязнителей

10 мкЗв/год - годовая доза облучения населения -прекращение радиационного контроля территории;

1 мЗв/год – основной дозовый предел для населения НРБ-99/2009;

Ограничение суммарного годового удельного содержания техногенных радионуклидов в выбросах и сбросах.





Environment

Ограничение суммарного годового удельного содержания радионуклидов в выбросах и сбросах:

Регламентация и контроль суммарного годового выброса ПДВ и сброса ПДС.

Расчеты распределения факторов безопасности проводятся по методологии, изложенной в нормативном документе «Руководство по установлению допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферу ДВ-98»;

Отраслевой методикой расчета предельно-допустимых сбросов радиоактивных веществ в речные системы ПДС-83)

Объект РКОС	Определяемый параметр	Контролируемый параметр
Атмосферный воздух	Объемная активность радионуклидов, Бк/м ³	Доза внутреннего облучения от ингаляционного поступления радионуклидов
	Интенсивность радиоактивных выпадений, Бк/м ² ·с	Доза внешнего облучения от нахождения в облаке выброса
Почва	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг	Плотность загрязнения радионуклидами, Бк/м ²
	Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД), Зв/ч; Плотность потока бета-частиц (ПБЧ), см ⁻² ·мин ⁻¹	Доза внешнего облучения от нахождения на территории, загрязненной радионуклидами
Снеговой покров	Объемная активность радионуклидов в снеговой воде, Бк/л	Плотность загрязнения радионуклидами, Бк/м ²
		Доза внешнего облучения от нахождения на территории, загрязненной радионуклидами
Пищевые продукты, растительность	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг	Доза внутреннего облучения от перорального поступления радионуклидов
Сточная вода в месте выпуска в водоем	Объемная активность радионуклидов, Бк/л	Доза внешнего облучения от нахождения на территории, загрязненной радионуклидами
Вода поверхностных водоемов	Объемная активность радионуклидов, Бк/л	Доза внутреннего облучения от перорального поступления радионуклидов
		Доза внешнего облучения от нахождения на акватории водоема, загрязненного радионуклидами
Донные отложения поверхностных водоемов	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг	Доза внешнего облучения от нахождения на акватории водоема, загрязненного радионуклидами
Подземная вода	Объемная активность радионуклидов, Бк/л	Доза внутреннего облучения от перораль-



Параметры контроля основных объектов окружающей среды

№32

Поверхностная и подземная вода:

- УВ_i – уровень вмешательства для воды (Приложение 2 НРБ-99/2009); ПДК_i (ВДУ) - гигиенические нормативы
- **Атмосферные аэрозоли:**
 - ДОА_{нас} - допустимая среднегодовая объёмная активность для радионуклида для населения (Приложение 2 НРБ-99/2009);
 - ПДК_{сс} (ВДУ) - среднесуточные предельно допустимых концентрации
- **Снег**
 - определяется концентрацией (Бк, мг/л) в талой воде, контролируется поверхностная плотность загрязнения в Бк, кг/м²
- **Почва и донные отложения**
 - Действующими законодательными документами техногенные радионуклиды не нормируются

Критерии оценки качества поверхностной

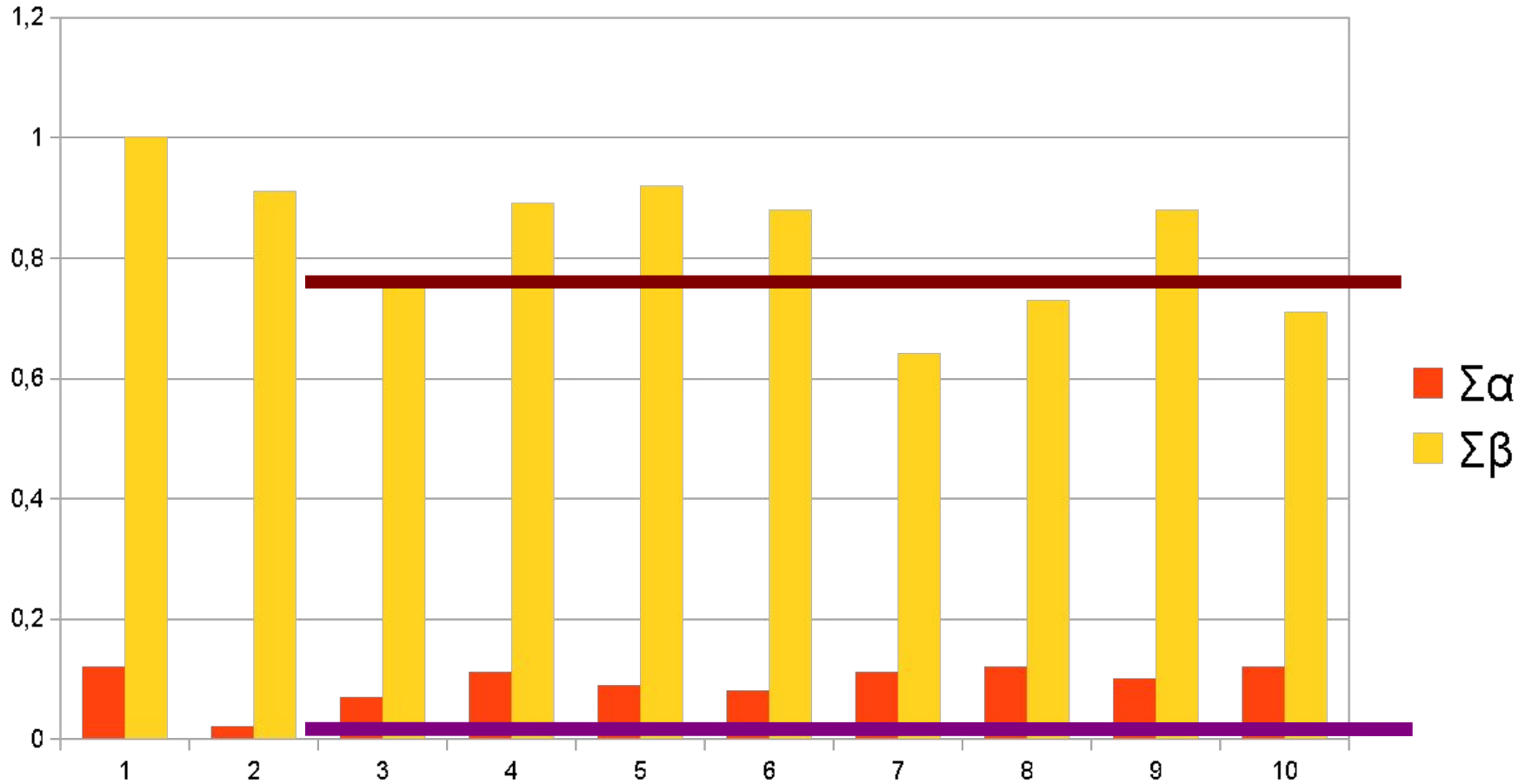
ВОДЫ

- При содержании в питьевой воде эффективных доз природного и искусственного происхождения меньше 0,1 мЗв в год, не требуется проведения мероприятий по снижению ее радиоактивности
- Предварительная оценка качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности должна быть проведена по удельной суммарной альфа- (A_a) и бета-активности (A_b), гарантирующих не превышение уровня дозы 0,1 мЗв/год.
- При значениях A_a и A_b ниже 0,2 и 1,0 Бк/кг, соответственно, дальнейшие исследования воды не являются обязательными.

$$K_i = \sum (A_i / K_{Уi}) / N$$

- Для оценки состояния водных объектов проводится расчет относительного показателя загрязнения поверхностной воды K_i
- где A_i - удельная активность i -ого радионуклида в воде Бк/кг; $K_{Уi}$ - соответствующий контрольный уровень i -ого радионуклида в воде Бк/кг; N - число анализируемых параметров.

Сравнение уровней суммарных альфа- и бета активностей с КУ



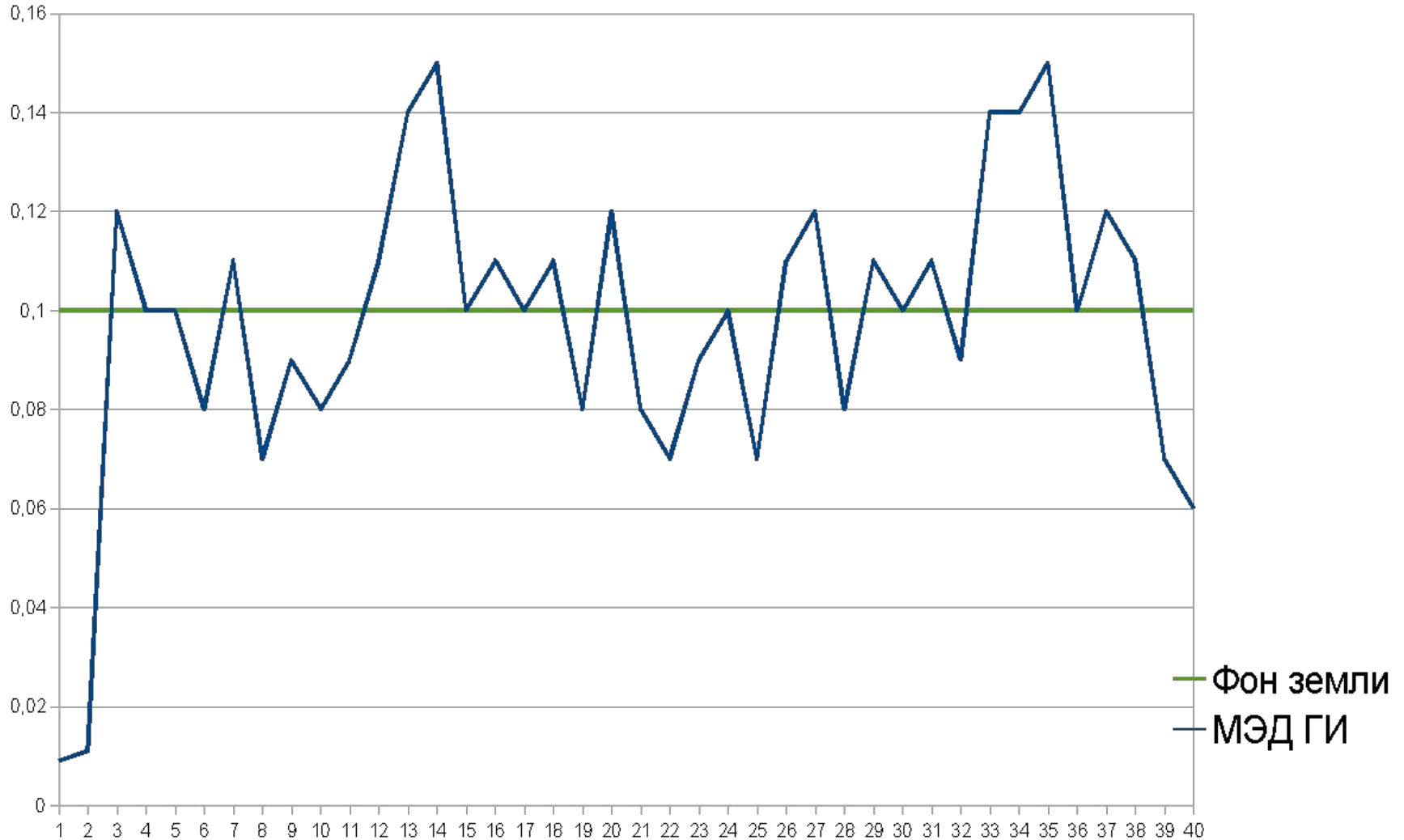
Удельное содержание радионуклидов в воде поверхностных водоемов

Результаты A_i , Бк/л						
№ пробы	^{137}Cs	^{226}Ra	^{40}K	^{232}Th	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\beta$
1	0,00084	0,0058	0,050	0,011	0,12	1,00
min	0,00025	0,0003	0,015	0,0010	0,02	0,64
max	0,00090	0,0058	0,050	0,0110	0,12	1,00
Среднее	0,00044	0,0019	0,026	0,0053	0,08	0,83

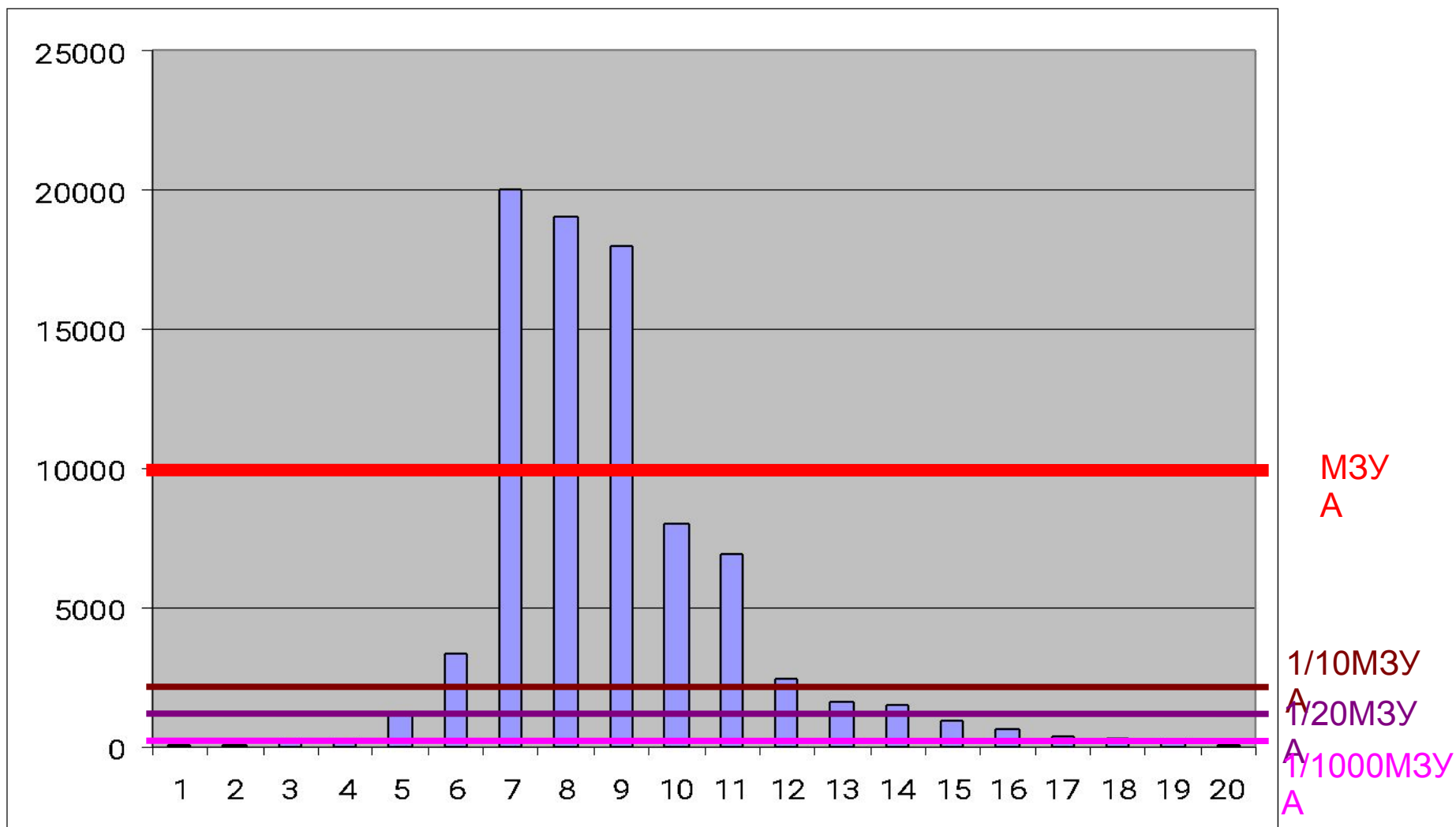
Критерии оценки качества состояния почвы

- 1. Содержание радионуклидов в почве и донных отложениях в действующих санитарно-законодательных документах не нормируется.**
- 2. Минимальная значимая удельная активность (МЗУА) - критерий отнесения к РАО (НРБ-99/2009);**
- 3. Фоновое содержание основных природных радионуклидов**
- 4. Средний региональный фон земли Московского региона для техногенного ^{137}Cs от 4 до 10 Бк/кг. Афон ^{137}Cs = 10 Бк/кг**
- 5. Мощность экспозиционной дозы гамма излучения (МЭД ГИ) на высоте 10см над**

Измерение МЭД ГИ на территории обследования участка №1 мкЗв/ч фона (0,10-0,2 мкЗв/ч).



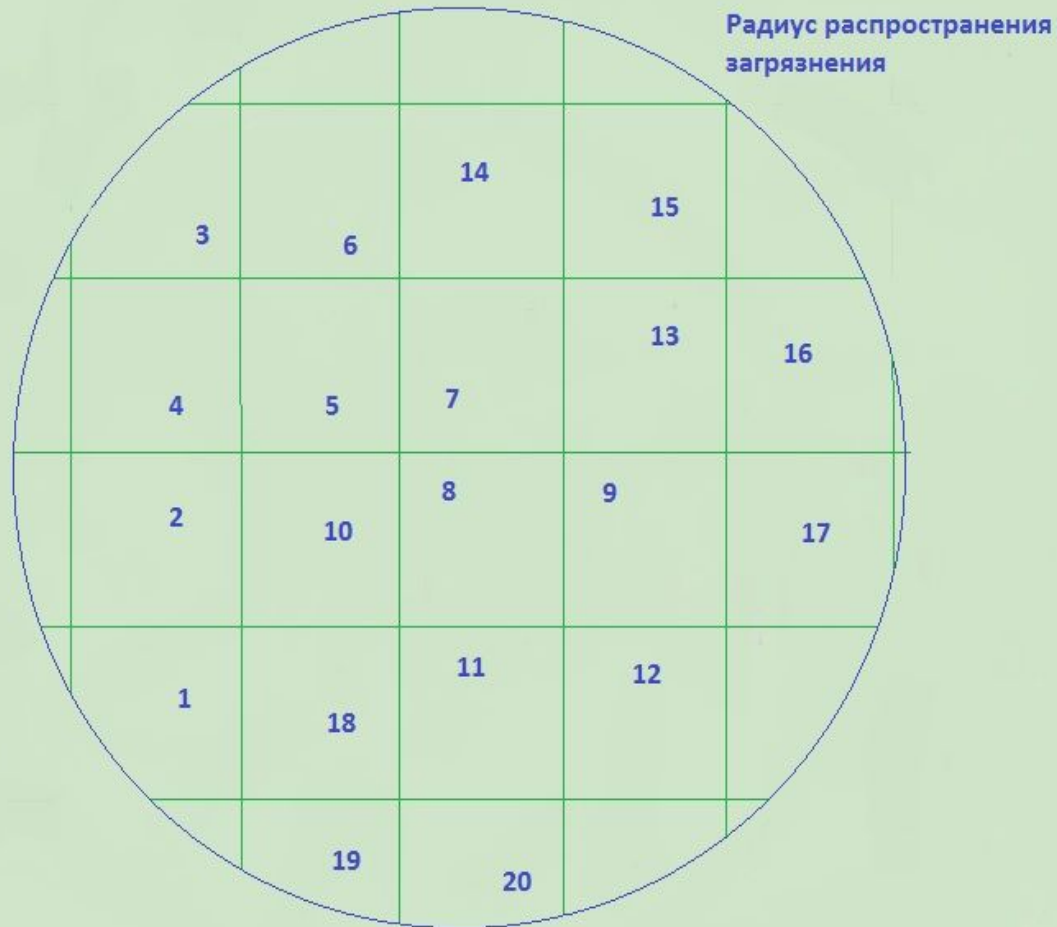
Оценка содержания техногенного цезия в пробах почвы в сравнении с всеми критериями Бк/кг



Сравнительный анализ среднего содержания радионуклидов в пробах почвы зоны наблюдения РОО с региональным фоновым содержанием в почве Московского региона Бк/кг

Радионуклид	Значения, Бк/кг			Региональный фон Af, Бк/кг	Отношение Ai/Af
	min	max	Среднее, Ai		
^{137}Cs	1	27	7,6	9	0,84
^{40}K	420	720	559	560	0,99
^{232}Th	22	51	29,2	40	0,73
^{226}Ra	18	39	25,2	22	1,14

Территория № 2 локальный участок загрязнения



Номер пробы совпадает с приблизительным местом отбора

Оценка качества проб почвы, отобранных на территории локального участка загрязнения Бк/кг

№ пробы	^{137}Cs , Бк/кг	$\frac{\text{Ai}}{\text{MЗУА}}$	$\frac{\text{Ai}}{\text{Афон}}$	Оценка	Мероприятия
1	30	0,003	3	3Афон	Допустимо для ЗН
4	210	0,021	21	21Афон	Допустимо для СЗЗ
5	1200	0,120	120	120Афон	Условно допустимо для промлощадки
7	20000	2	2000	РАО	Удаление

Уровни контроля

УВ -Для питьевой воды критерием, определяющим качество по радиационному показателю, являются величины уровней вмешательства для каждого радионуклида (приложении 2 НРБ-99/2009).

КУ -контрольный уровень

$$K Y = A_i + 2 \sigma_i$$

-где КУ - контрольный уровень содержания радионуклида в объекте окружающей среды Бк/кг;
 A_i - среднее значение содержания радионуклида, Бк/кг;
 σ_i - среднеквадратичное отклонение содержания радионуклидов Бк/кг.

**АТМОСФЕРНЫЙ
ВОЗДУХ
И ВЫПАДЕНИЯ**

АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ, мкЗв/год

Год	^{90}Sr	^{137}Cs	^{131}I
1962	0,2	0,03	
1963	0,3	0,03	
1964	0,2	0,02	
1965	0,16	0,015	
1986	0,045	0,02	
1987	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	
1997– 1998	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	
2000 – 2005	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$

АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ, мкЗв/год

Год	^{90}Sr	^{137}Cs	^{131}I
1962	0,2	0,03	
1963	0,3	0,03	
1964	0,2	0,02	
1965	0,16	0,015	
1986	0,045	0,02	
1987	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	
1997– 1998	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	
2000 – 2005	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$

Таблица 1

Среднегодовая суммарная β -активность и содержание радионуклидов в объектах окружающей среды Московского региона

Год	Выпадение, Бк/м ²				Атмосферный воздух, 10 ⁻⁴ Бк/м ³						
	$\Sigma\beta$	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs/ ⁹⁰ Sr	$\Sigma\beta$	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs/ ⁹⁰ Sr	¹³¹ I ср.	макс.	Число случаев
1981	1000/950*	13/12	8/8	1,6	45	0,65	0,32	2			
1982	330/290	10/3,5	6/3,5	1,6	6,5	0,7	0,3	2,3			
1983	220	5/2	4/4	1,25	4	0,2	0,1	2			
1984	240	4	3	1,3	6	0,1	0,08	1,25			
1985	240	3	2,5	1,2	6	0,2	0,06	3			
1986	15420**	600	50	12	-	-	-	-	1,4	3,1	
1987	240	24	6	4	4	0,24	0,04	6			
1988	210	16	6	2,6	3	0,2	0,07	3			
1989	280	15	4	3,7	3/2	0,15	0,03	5			
1990	270	5	2	2,5	1,5/1,4	0,07	0,03	2,3			
1991	290	4	1	4	1,1/1,5	0,03	0,02	1,5			
1992	200	2,5	1	2,5	0,7/0,9	0,03	0,01	3			

Продолжение таблицы 1

Год	Выпадение, Бк/м ²				Атмосферный воздух, 10 ⁻⁴ Бк/м ³						
	Σβ	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs/ ⁹⁰ Sr	Σβ	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs/ ⁹⁰ Sr	¹³¹ I ср.	макс.	Число случаев
1993	190	2	1	2	0,7/0,3	0,02	0,01	2			
1994	180	2	2	1	1	0,02	0,01	2			
1995	220	<1	<1	<1	0,9	0,02	0,01	2			
1996	170	<1	<1	<1	1	0,02	0,01	2			
1997	210	1,5	<1	1	0,8	0,02	0,01	2			
1998	200	1,5	<1	1	1	0,02	0,01	2			
1999	160	1,5	<1	1	1	0,02	0,01	2			
2000	280	1,3	<1	1	1,3	<0,01	<0,01	<0,01	4,6	4,6	1
2001	280	1,3	<1	1	1,1	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,03	5
2002	310	1,3	<1	1	1,1	0,02	0,01	2	0,08	0,13	6
2003	230	1,3	<1	1	0,9	0,02	0,01	2	0,06	0,03	8
2004	220	1,3	<1	1	1,3	0,02	0,01	2	0,03	0,08	8
2005	210	1,3	<1	1		0,02	0,01	2	0,05	0,5	29
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*В знаменателе приведены данные по Московской области.

Погрешность радио- и спектрометрических измерений составляла ±30% и радиохимических ±50%.

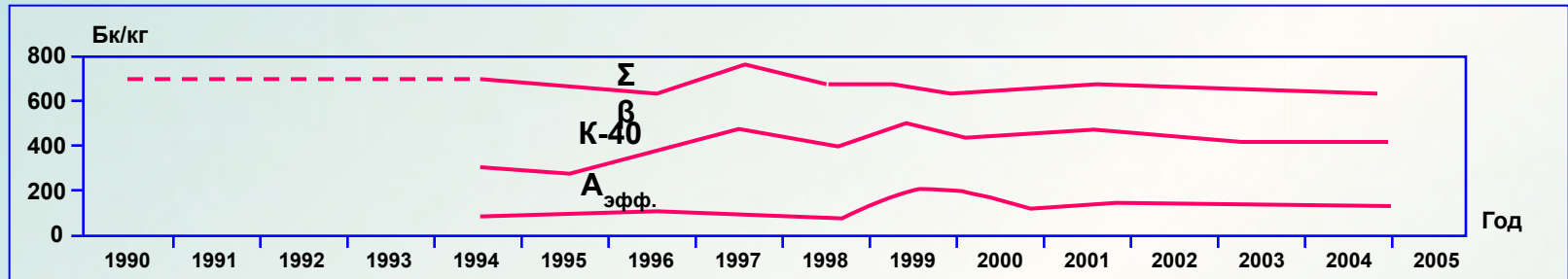
**В 1958 – 41200 Бк/м²; 1962 – 32000 Бк/м²; 1963 – 37000 Бк/м².

ПОЧВА И ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

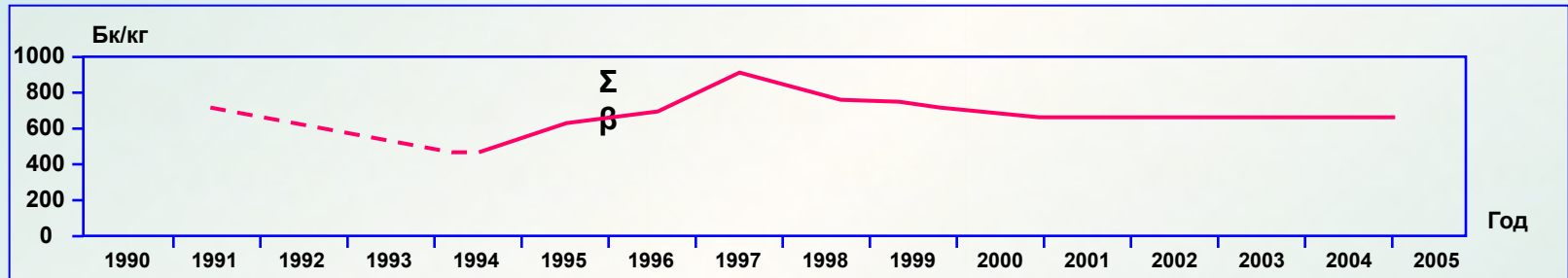
Содержание радионуклидов в почве

Величина	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг				
	^{137}Cs	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	$A_{\text{эфф}}$
Среднее	9	558	32	37	127
Ст. откл.	6	114	6	7	39
Мин.	1	329	18	22	94
Макс.	27	810	49	53	166

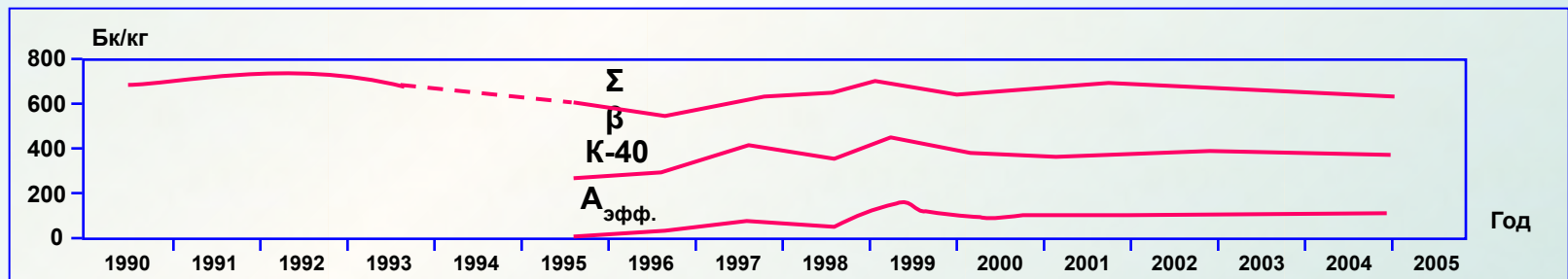
ПОЧВА



ЛИСТЬЯ



ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ



Содержания радионуклидов в почве и донных отложениях 1950 – 2005
ГОДЫ.

**СОДЕРЖАНИЕ
РАДИОНУКЛИДОВ В
ВОДНОМ БАССЕЙНЕ**

Средние значения объемной активности поверхностных вод

Водный объект	$\Sigma\beta$, Бк/л	Активность раствора, мБк/л	
		^{137}Cs	^{90}Sr
р. Волга	0.09	0,2	7,2
Канал им. Москвы и водохранилища	0.09	0,4	6,7
р. Москва, город	0.13	0,3	5,7
р. Москва (ниже Бесед)	0,18	0,3	3,9
р. Ока	0,14	0,3	5,7
Среднее	0,10	0,3	5,8

Средние значения объемной активности поверхностных вод

Водный объект	$\Sigma\beta$, Бк/л	Активность взвеси, мБк/л				Активность раствора, мБк/л		
		^{137}Cs	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs
р.Волга	0,09	0,7	9	1,1	0,6	0,2	7,2	2,3
Канал им. Москвы и водохранилища	0,09	0,6	9	1,1	0,8	0,4	6,7	3,9
р. Москва, город	0,13	0,7	11	1,0	0,9	0,3	5,7	2,0
р. Москва (ниже Бесед)	0,18	0,6	10	0,8	0,8	0,3	3,9	1,6
р. Ока	0,14	0,7	11	1,0	0,9	0,3	5,7	2,0
Среднее	0,10	0,7	10	1,0	0,8	0,3	5,8	2,1

ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ

Поступление ^{90}Sr и ^{137}Cs с основными продуктами питания
в 1981- 2005 гг., Бк/год

Год	Хлебо- продукты	Молоко	Карто- фель	Овощи и бахчевые	Мясо и мясо- продукты	Рыба и рыбо- продукты	Всего
^{90}Sr							
1981	22	4,3	10	10	9	7	62,3
1982	20	6	86	15	9	4,5	63,1
1983	19,5	6	86	13	9,5	5,5	62,1
1985	26	6	9	14	8	4	67
1986	76	9	7	10	35	9	146
1987	76	4,5	10	8	32	9	139,5
1988	40,5	4	10,5	10,5	15,5	8	89
1991	22	33	7,3	7,3	5	18	92,6
1996	13	20	5	9	3,5	11	61,5
2005	12	22	5	10	5	13	67

**Поступление ^{90}Sr и ^{137}Cs с основными продуктами питания
в 1981- 2005 годах, Бк/год**

Год	Хлебо- продукты	Молоко	Карто- фель	Овощи и бахчевые	Мясо и мясо- продукты	Рыба и рыбо- продукты	Всего
^{137}Cs							
1981	30,5	17	14,5	10,5	44	11,5	128
1982	28,5	21,5	10	11,4	36	11	118,4
1983	27	14,5	9	15	34	10,5	110
1985	39	9	10	12	21,5	7	98,5
1986	432	320	25	20	9872	27	10696
1987	1690	115	90	83	1810	47	3835
1988	1160	30	10	12	460	48	1720
1991	219	22	55	7,3	22	4	329,3
1996	135	14,5	46	9	22	2	228,5
2005	70	18	28	7	22	3	138

ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ, мкЗв/год

Год	^{90}Sr	^{137}Cs
1980	12	1,7
1982	12	1,5
1983	12	1,4
1985	12,7	1,6
1986	27,6	140
1987	26,3	54
1988	16,9	24
1997 – 1998	5 – 7	3 – 4
2000 – 2005	7	2 - 3

**ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ДОЗА
ОБЛУЧЕНИЯ
НАСЕЛЕНИЯ МОСКВЫ,
мкЗв/год**

$$E = E^{ext} + E^{int}$$

Среднегодовая эффективная доза E

Средняя эффективная доза E техногенного облучения у представителей выбранной группы жителей НП (критическая группа жителей, все жители НП, расположенного в зоне наблюдения).

Сумма дозы внешнего и внутреннего облучения:

$$E = E_{\text{внеш}} + E_{\text{внутр}}$$

Расчет дозы внутреннего и внешнего облучения

Расчет проводится на основании значений дозовых коэффициентов при поступлении радионуклидов:

Через органы пищеварения:

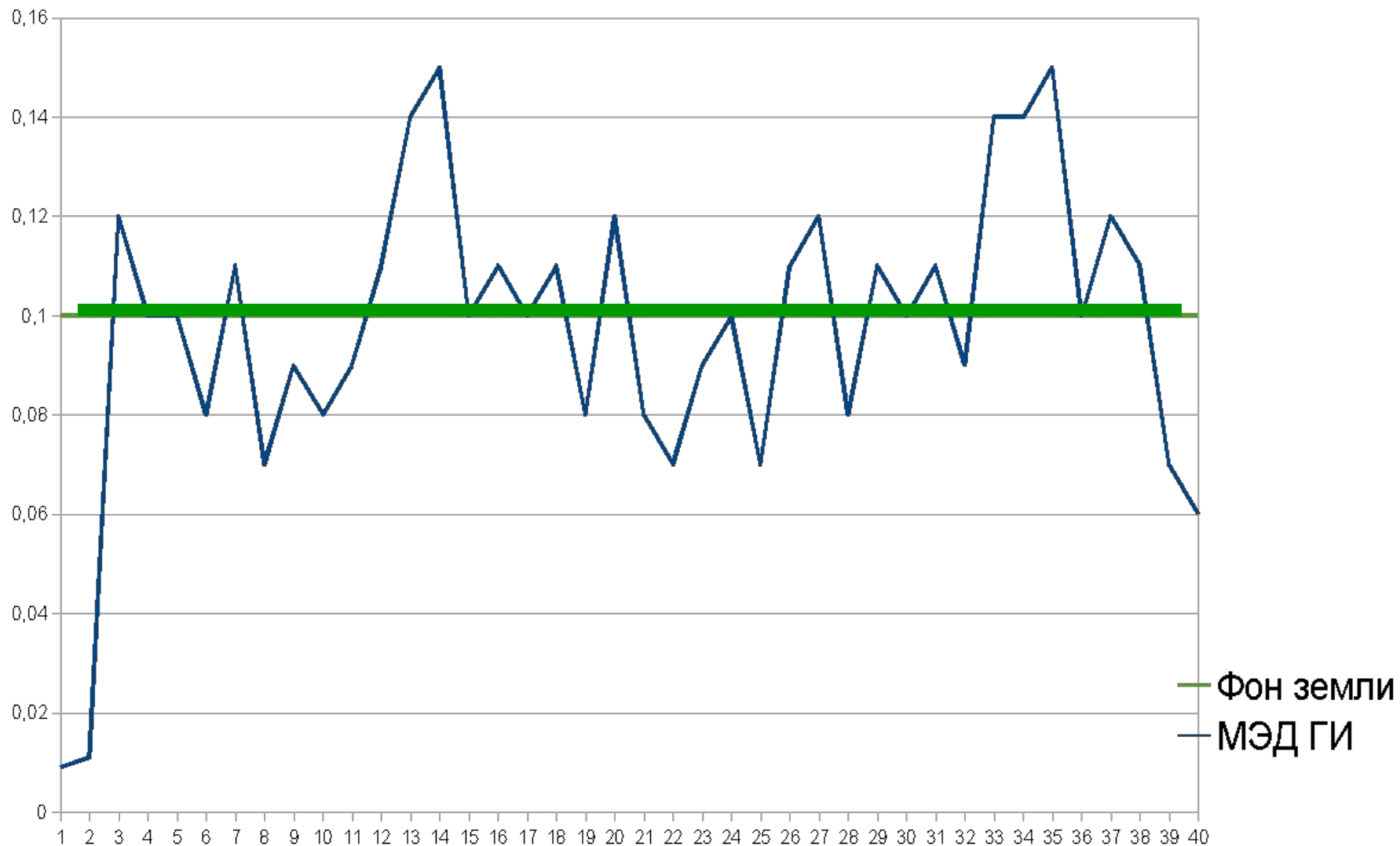
- продукты питания;
- питьевая вода;
- через органы дыхания.

Значения дозовых коэффициентов для критических групп населения, ДОА и ПГП через органы дыхания и ПГП через органы пищеварения, приведены в Приложении 2. НРБ-99/2009

2. Мощность эффективной дозы гамма-излучения, МЭД ГИ, мкЗв/ч

Защитные мероприятия должны проводиться также, если мощность эффективной дозы гамма-излучения в помещениях превышает мощность дозы на открытой местности (над фоном) более чем на 0,2 мкЗв/ч.

Измерение МЭД ГИ на территории обследования участка №1 мкЗв/ч , фон (0,10-0,2 мкЗв/ч).



5.3.5. Предварительная оценка качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности

- может быть дана по удельной суммарной альфа- ($A\alpha$) и бета-активности ($A\beta$).
- При значениях $A\alpha$ и $A\beta$ ниже 0,2 и 1,0 Бк/кг, соответственно, дальнейшие исследования воды не являются обязательными.
- В случае превышения указанных уровней проводится анализ содержания радионуклидов в воде.
- Приоритетный перечень определяемых при этом радионуклидов в воде устанавливается в соответствии с санитарным законодательством .
- Если при совместном присутствии в воде нескольких природных и техногенных радионуклидов выполняется условие:

$$\sum A_i / U_{Vi} \leq 1,$$

- где A_i - удельная активность i -го радионуклида в воде, Бк/кг;
- U_{Vi} - соответствующие уровни вмешательства по Приложению 2а, Бк/кг,
- то мероприятия по снижению радиоактивности питьевой воды не являются обязательными.

Содержание радионуклидов в зависимости от механического состава почв

Радионуклид	Удельная активность, Бк/кг		
	Супесь	Средний суглинок	Тяжелый суглинок
^{40}K	473±107	620±74	827±47
^{137}Cs	10±7	11±5	12±6
^{226}Ra	24±5	26±3	30±2
^{232}Th	21±4	33±4	40±3
$A_{\text{эфф}}$	115	124	147

Удельное содержание радионуклидов в пробах почвы

Величина	Активность радионуклидов, Бк/кг				
	^{137}Cs	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	$A_{\text{эфф}}$
Среднее	9	558	32	37	127
Ст. откл.	6	114	6	7	39
Мин.	1	329	18	22	94
Макс.	27	810	49	53	166

Категорирование территории

Категории территории:

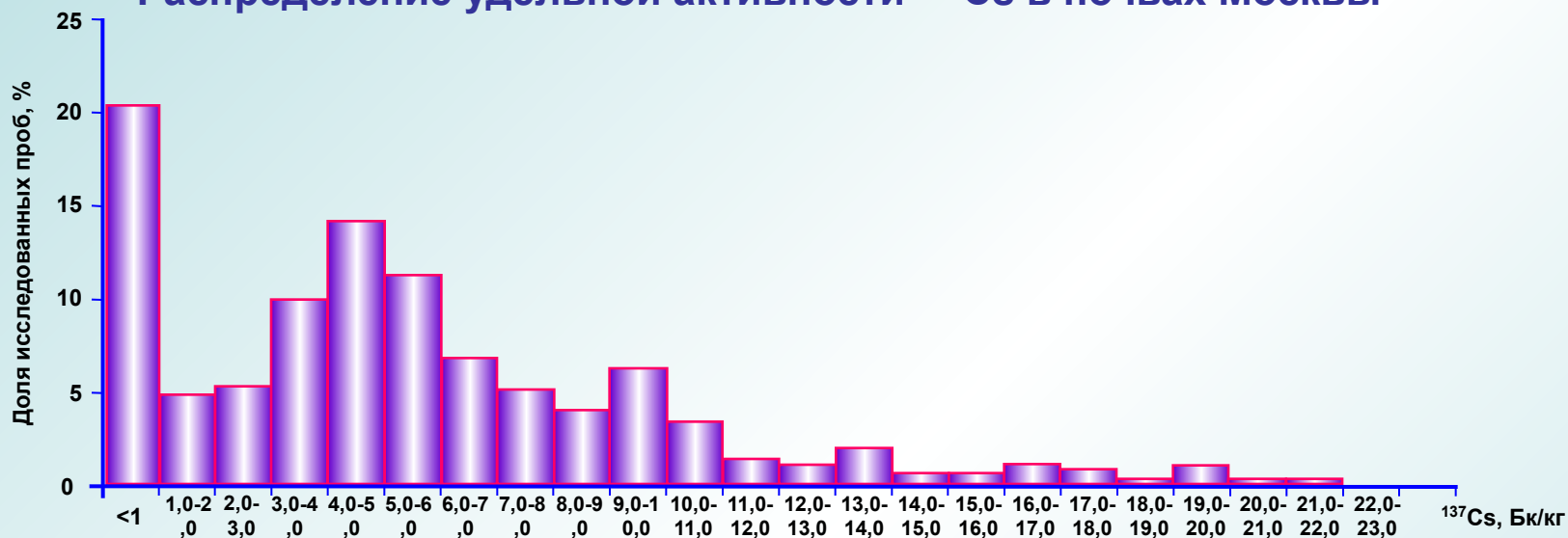
зоны возможного загрязнения – **ЗВЗ**

для санитарно-защитной зоны – **СЗЗ**

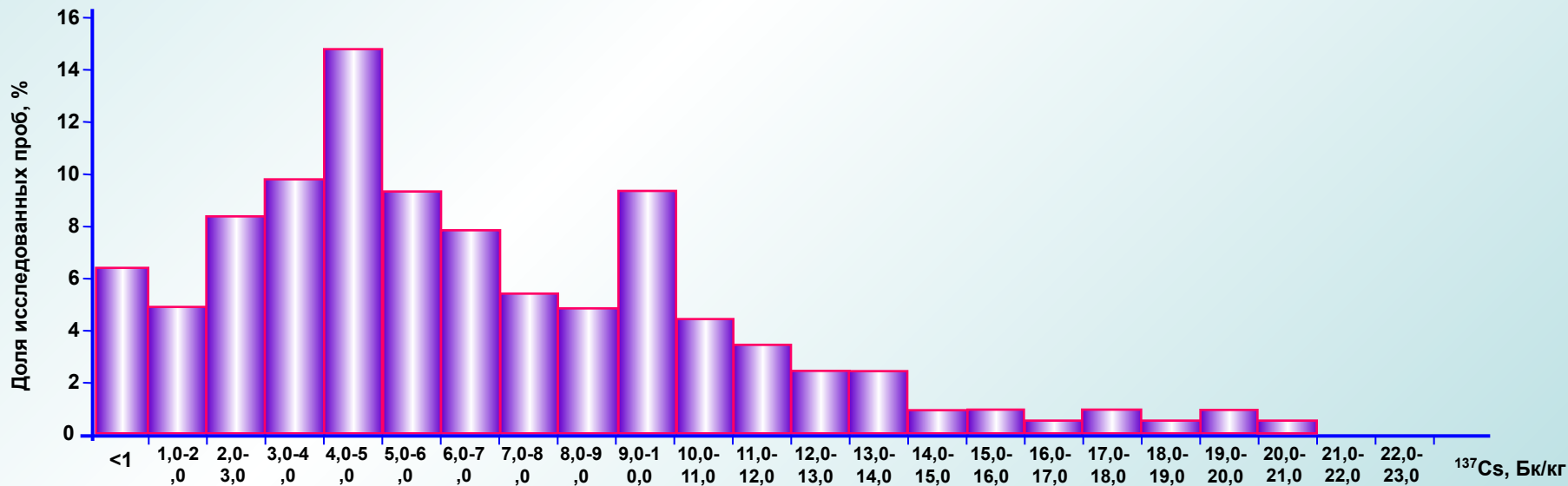
для зоны наблюдения – **ЗН**

В зависимости от категории территории допустимое содержание радионуклидов в почве может составлять величину от фона до МЗУА (ПЗУА).

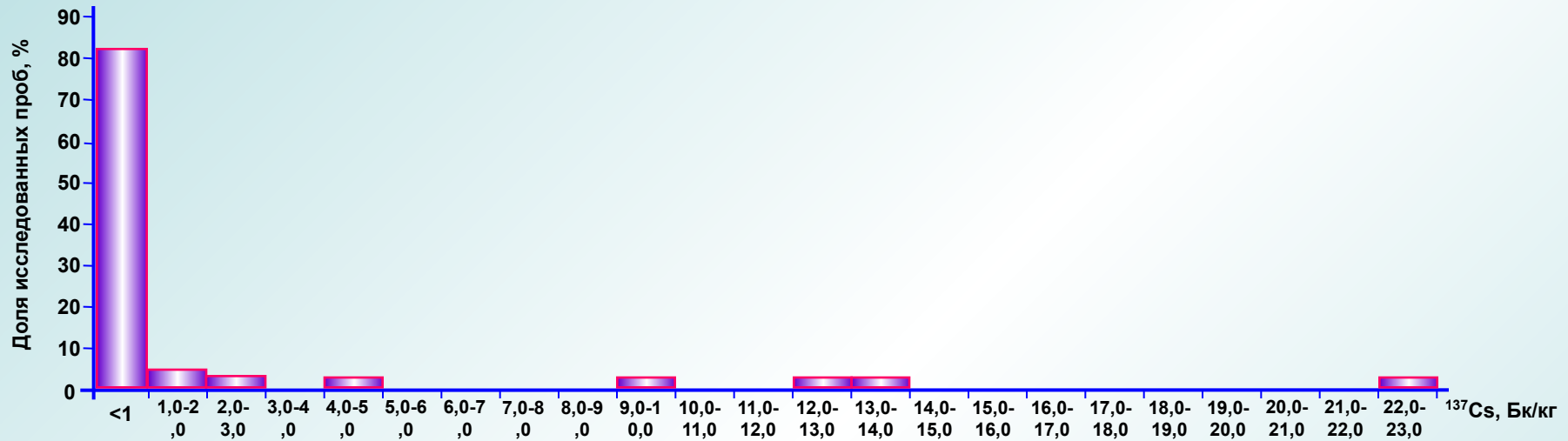
Распределение удельной активности ^{137}Cs в почвах Москвы



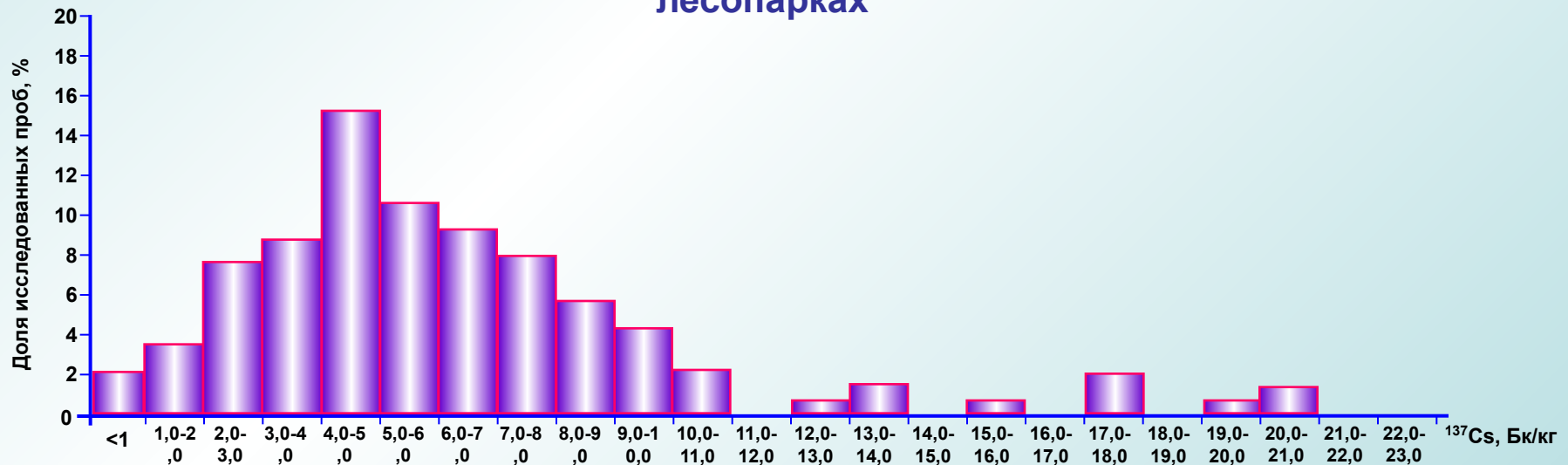
Распределение удельной активности ^{137}Cs в пределах городской застройки



Распределение ^{137}Cs на территориях промзон, земель резерва



Распределение цезия-137 в пределах земель сельхозиспользования и в лесопарках



**Параметры распределения удельной активности ^{137}Cs
в почвах Москвы**

Категория хозяйственного использования земель	Кол-во проб	Среднее геометрическое ($A_{\text{д.ср.геом}}$), Бк/кг	Стандартный множитель (ϵ), Бк/кг	Минимум-максимум фактический, Бк/кг	Минимум-максимум расчетный («три сигма») Бк/кг
Город в целом, за исключением промзон и земель резерва	525	4,6	2,1	0,5–41,1	0,5–42,6
Земли сельхоз-использования, лесопарки	110	5,7	1,7	0,8–20,1	1,0–29,8

Поступление ^{137}Cs с основными продуктами питания в Москве в 1981- 2005 гг., Бк/год

Год	Хлебо-продукты	Молоко	Картофель	Овощи и бахчевые	Мясо и мясо-продукты	Рыба и рыбо-продукты	Всего
^{137}Cs							
1981	30,5	17	14,5	10,5	44	11,5	128
1982	28,5	21,5	10	11,4	36	11	118,4
1983	27	14,5	9	15	34	10,5	110
1985	39	9	10	12	21,5	7	98,5
1986	432	320	25	20	9872	27	10696
1987	1690	115	90	83	1810	47	3835
1988	1160	30	10	12	460	48	1720
1991	219	22	55	7,3	22	4	329,3
1996	135	14,5	46	9	22	2	228,5
2005	70	18	28	7	22	3	138

Поступление ^{90}Sr с основными продуктами питания в Москве в 1981- 2005 гг., Бк/год

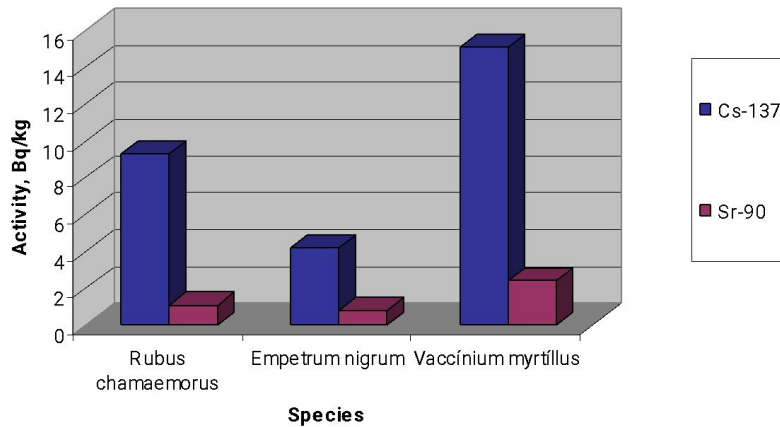
Год	Хлебо-продукты	Молоко	Картофель	Овощи и бахчевые	Мясо и мясо-продукты	Рыба и рыбо-продукты	Всего
^{90}Sr							
1981	22	4,3	10	10	9	7	62,3
1982	20	6	86	15	9	4,5	63,1
1983	19,5	6	86	13	9,5	5,5	62,1
1985	26	6	9	14	8	4	67
1986	76	9	7	10	35	9	146
1987	76	4,5	10	8	32	9	139,5
1988	40,5	4	10,5	10,5	15,5	8	89
1991	22	33	7,3	7,3	5	18	92,6
1996	13	20	5	9	3,5	11	61,5
2005	12	22	5	10	5	13	67

ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ, мкЗв/год

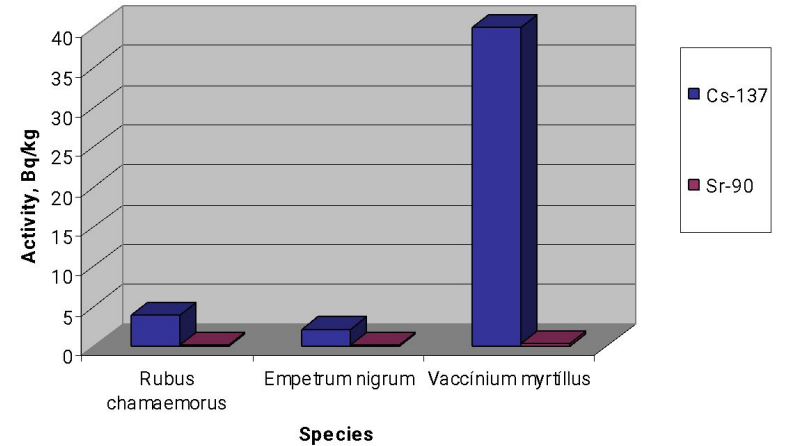
Год	^{90}Sr	^{137}Cs
1980	12	1,7
1982	12	1,5
1983	12	1,4
1985	12,7	1,6
1986	27,6	140
1987	26,3	54
1988	16,9	24
1997 – 1998	5 – 7	3 – 4
2000 – 2005	7	2 - 3

Ягоды

The content of the radionuclides in the berries of the ARSR



The content of the radionuclides in the berries of the SA



Действующие в РФ нормативы

^{137}Cs	^{90}Sr
160 Бк/кг	60 Бк/кг



Грибы

Действующие в РФ нормативы

^{137}Cs	^{90}Sr
500 Бк/кг	50 Бк/кг



Позвоночные животные (ихтиофауна)

Основными радионуклидами, формирующими дозу внутреннего облучения за счет потребления рыбы, являлись ^{32}P , ^{24}Na , ^{54}Mn , ^{65}Zn , ^{137}Cs , ^{90}Sr



Gadus morhua

Действующие нормативы

^{137}Cs	^{90}Sr
130 Бк/кг	100 Бк/кг



Gobius sp.

Спасибо за внимание!